SYSTÈME DE BROYAGE ET DE COMPACTION - PHASE I

Dossier CRIQ no 4-3152

Rapport technique no MEC-85-036

Août 1985

FC-4442

Client: Ministère approvisionnement et service

11, rue Laurier
Hull (Québec)
K1A 0S5

PRÉPARÉ PAR:

JACQUES GIROUARD, ing. jr.
Machinerie d'exploitation
industrielle

RESPONSABLE DU PROJET:

FERNAND BLANCHARD, ing.
Machinerie d'exploitation
industrielle

Sainte-Foy, le 12 août 1985

C.G.

CRIQ
CENTRE DE RECHERCHE

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1.0	INTRODUCTION	1
	1.1 Objectif recherché	1
	1.2 Sommaire des résultats	1
	1.3 Recommandation	1
2.0	POINT DE LA SITUATION	2
3.0	RECHERCHE DOCUMENTAIRE	3
4.0	TRANSFORMATION	3
	4.1 Déchiquetage	3
	4.2 Broyage	5
	4.3 Défibrage	6
5.0	COMPACTION	8
	5.1 Projets	10
6.0	SÉCHAGE	11
7.0	ÉQUIPEMENTS	12
	7.1 Faucheuse-déchiqueteuse Nicholson-Koch	12
	7.2 Faucheuse-porteuse de copeaux Pallari	13
	7.3 Récupératrice-porteuse de fragments Recufor	13
8.0	RECOMMANDATIONS	15
	BIBLIOGRAPHIE	16
	ANNEXE A: Articles et rapports techniques Références nos 1 à 13	
	ANNEXE B: Articles et rapports techniques Référence no 14 et rapports pertinents	

1.0 INTRODUCTION

1.1 OBJECTIF RECHERCHÉ

Ce projet a pour but de démontrer la faisabilité de broyer, compacter et sécher à l'air libre des résidus forestiers afin d'en rationaliser la récupération. Cette première phase est une révision de la littérature concernant les facettes de ce procédé.

1.2 SOMMAIRE DES RÉSULTATS

Aucun organisme ne s'est penché sur le problème de la récupération des résidus d'une façon aussi globale que celle proposée par le CRIQ. Certains projets sont toutefois très pertinents:

Dans le domaine de la compaction

Le projet le plus intéressant est celui de la presse à résidus de la "Virginia Polytechnic Institute". Les tests ont démontré qu'on pouvait atteindre une bonne densification à des pressions relativement faibles. Aucun test n'a cependant été réalisé sur des résidus grossièrement broyés comme nous le suggérons.

Dans le domaine de la récupération

Le récupérateur autopropulsé Recufor, de l'Institut canadien de recherches en génie forestier, représente le concept le plus avancé dans ce domaine. Son utilisation a cependant démontré qu'il serait plus avantageux de faire la récupération à l'aide d'un appareil muni d'un grappin d'alimentation qui se déplace sur les chemins forestiers plutôt que sur les parterres de coupe. Le "Recufor" a été soumis dernièrement à certaines modifications en ce sens.

1.3 RECOMMANDATION

Afin de démontrer la faisabilité du broyage grossier, de la compaction et du séchage à l'air libre des résidus comme moyens d'en rationaliser leur transport, des tests seront effectués sur une cinquantaine de ballots.

2.0 POINT DE LA SITUATION

Les caractéristiques physiques des résidus forestiers ont toujours constitué le désavantage marquant à leur exploitation. Ils sont généralement courts et de faibles sections, ce qui en soutire toute bonne valeur marchande. En plus, la diversité des formes, des dimensions et du poids rend les résidus difficiles à manutentionner et à transporter. Malgré ces défauts, on ne peut les écarter en raison de leur potentiel énergétique ou de transformation très important car les branches et le houppier d'un arbre représentent environ 20% de son poids.

Selon Lussier et Maranda (1), il ressort que pour le Québec, les besoins en résidus provenant des usines de transformation seront dès 1986 plus considérables que leur volume de production. Il faudra alors se tourner vers d'autres sources de matières ligneuses notamment les résidus d'opérations forestières.

Afin de rentabiliser l'approvisionnement des utilisateurs éventuels de biomasse forestière, il faudra traiter les résidus sur les lieux mêmes de récolte. Ces lieux sont les parterres de coupe et les jetées secondaires localisées en bordure des voies d'accès à ceux-ci. La tendance actuelle se dirige vers la réalisation de l'ébranchage et de l'écimage des arbres aux jetées secondaires. Cette façon de procéder permet de récupérer facilement les résidus tout en évitant de sillonner inutilement les parterres de coupe. Le traitement des résidus à proximité des lieux de récolte servira à en rentabiliser le transport.

Il existe actuellement plusieurs alternatives quant au traitement des résidus. Le CRIQ propose de les broyer d'une façon grossière, puis de les compacter en ballots afin de les sécher à l'air libre. Cette méthode offrirait la possibilité d'en rentabiliser le transport.

L'utilisation d'équipements standards de broyage et de compaction permettra de diminuer les risques associés à la conception du système préliminaire.

3.0 RECHERCHE DOCUMENTAIRE

La recherche documentaire a été réalisée dans une large mesure à partir de banques informatisées de données. Les banques qui ont été consultées sont: FOREST de la "Forest Products Research Society" et ORBIT de la "System Development Corporation". Cette première consultation a permis de fixer un choix sur 65 articles, brevets et rapports pertinents. La dernière banque sondée fut la NTIS de la "National Technical Information Service", 35 documents pertinents en ont été soutirés.

Monsieur Maurice Lockman, responsable de l'information au secrétariat du Programme de recherche et de développement en matière d'énergie forestière, ENFOR, du Service canadien des forêts, nous a fourni des rapports ayant été produits dans le cadre de ce programme. Monsieur Y. Guimier de l'Institut canadien de recherche en génie forestier, FERIC, a lui aussi agi comme personne ressource.

4.0 TRANSFORMATION

4.1 DÉCHIQUETAGE

Le déchiquetage consiste à produire des copeaux de bois à l'aide d'un déchiqueteur. Il en existe différents modèles mais seulement deux caractéristiques essentielles en affectent leurs besoins énergétiques, soit l'angle d'attaque des couteaux par rapport au sens des grains du bois et la grosseur des copeaux produits. Sommairement, la demande en énergie est deux fois moins élevée lorsqu'on attaque le bois parallèlement plutôt que perpendiculairement à ses grains. Un déchiqueteur demeure tout de même beaucoup plus difficile à alimenter de cette façon. Le pourcentage d'humidité du matériel influence la grosseur des copeaux produits donc la

demande en énergie. Elle peut augmenter de 14 à 30% lorsque le pourcentage d'humidité se situe sous le point de saturation des fibres (environ 30%, base sèche). Ce comportement s'explique par le fait que le bois sec est plus dur et fragile, donc il tend à se fragmenter en fines particules qui demandent plus d'énergie à produire.

Même si l'emploi du déchiqueteur est généralisé, il n'est pas à l'abri des inconvénients. Il en existe un de taille au point de vue des coûts d'entretien liés à l'usure des couteaux.

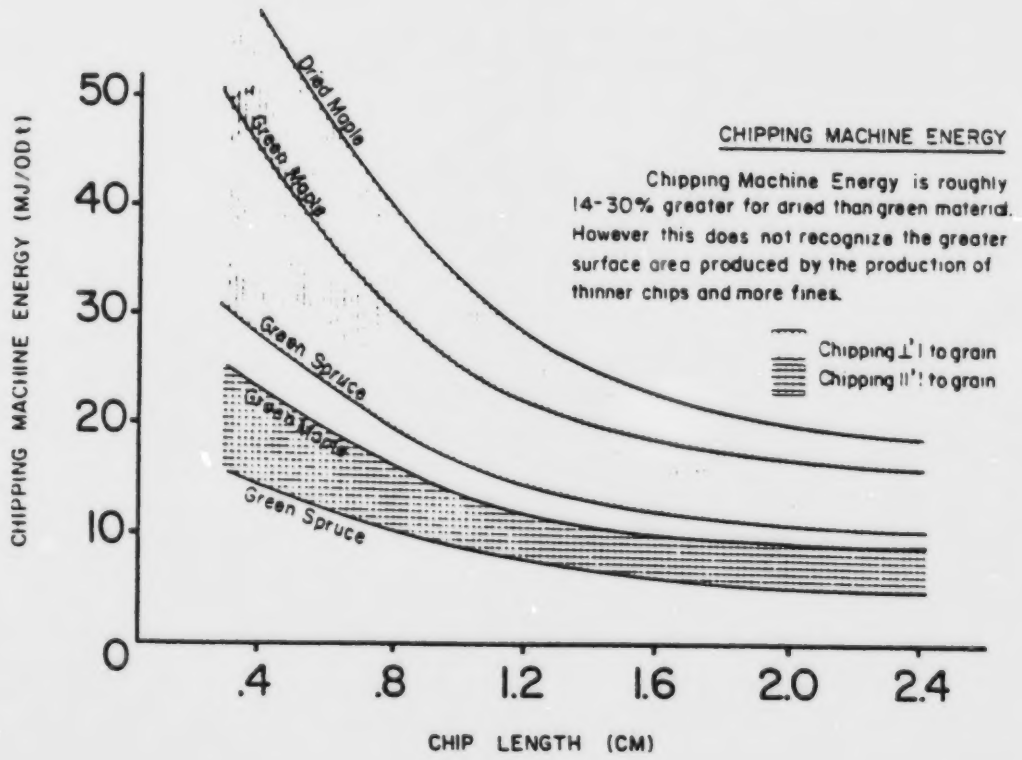


Figure 1

4.2 BROYAGE

Le broyage s'effectue généralement à l'aide d'un broyeur à marteaux qui fracasse le matériel contre une enclume. On l'emploie surtout comme machine de transformation secondaire dans un procédé afin de réduire en fines particules un produit grossier. Le broyeur, contrairement au déchiqueteur, demande moins d'énergie lorsque le matériel est sec. Grossièrement, on peut diminuer les besoins énergétiques de moitié en broyant du bois sec à 10% (base sèche) plutôt qu'à 30%. Il est nécessaire de prévoir un mécanisme de régulation de son alimentation si l'on tient à employer un broyeur comme moyen de transformation des résidus forestiers. Cet aspect est important afin d'éviter l'engorgement et le fonctionnement en régime trop sévère du broyeur.

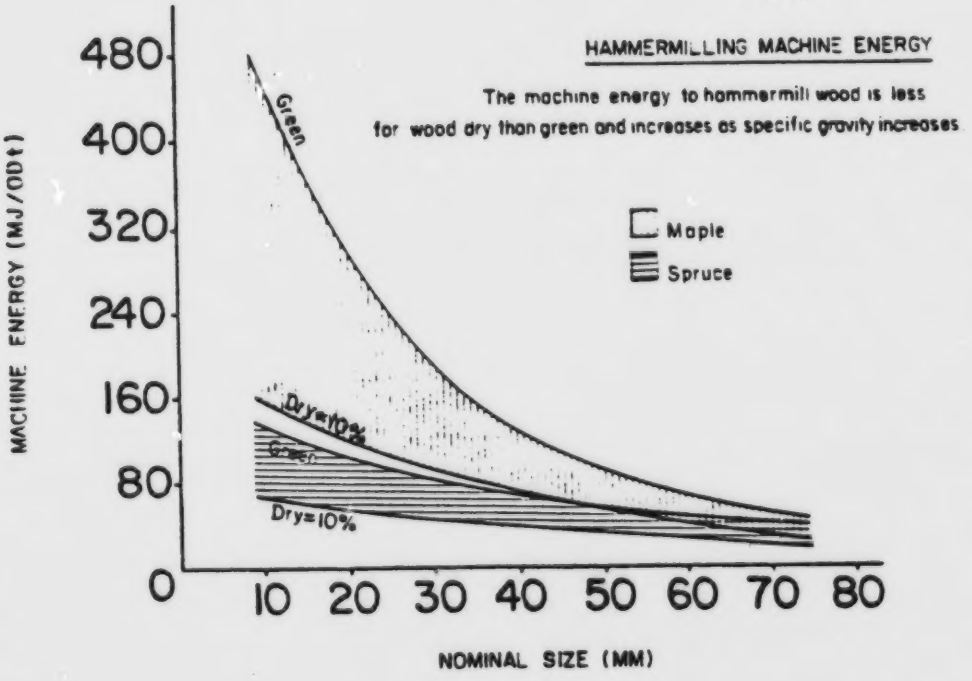


Figure 2

4.3 DÉFIBRAGE

Le défibrage est réalisé par un défibreur à rouleaux qui sépare le bois en éclisses par compression, tout en le débarrassant d'une partie de l'eau qu'il contient. Ses besoins en énergie se situent entre ceux du déchiqueteur et du broyeur à marteaux.

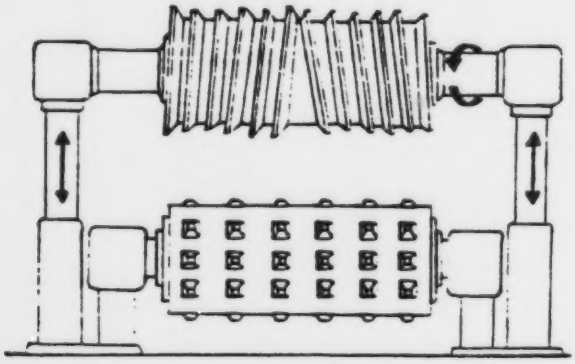


Figure 3: Défibreur à rouleaux de première génération de la "Tenessee Valley Authority"

Ce concept est relativement nouveau et quelques améliorations doivent y être apportées. Dans le cas du défibreur de la "Tennesse Valley Authority", la machine de première génération était équipée d'un rouleau fileté qui ne fournissait pas toute la traction nécessaire, ce qui entraînait un glissement entre les pièces de bois et les rouleaux. En plus, les grosses billes ne pouvaient être transformées adéquatement en une seule passe. Ces aléas ont été résolus en partie par le remplacement des rouleaux initiaux par des rouleaux dentés beaucoup plus agressifs.

Les rouleaux sont susceptibles de soutirer une certaine quantité d'eau contenue dans le bois et ça, à un coût moindre que celui du séchage thermique. Ce processus est toutefois efficace seulement lorsque le pourcentage d'humidité du bois est supérieur à 70-80% (base sèche).

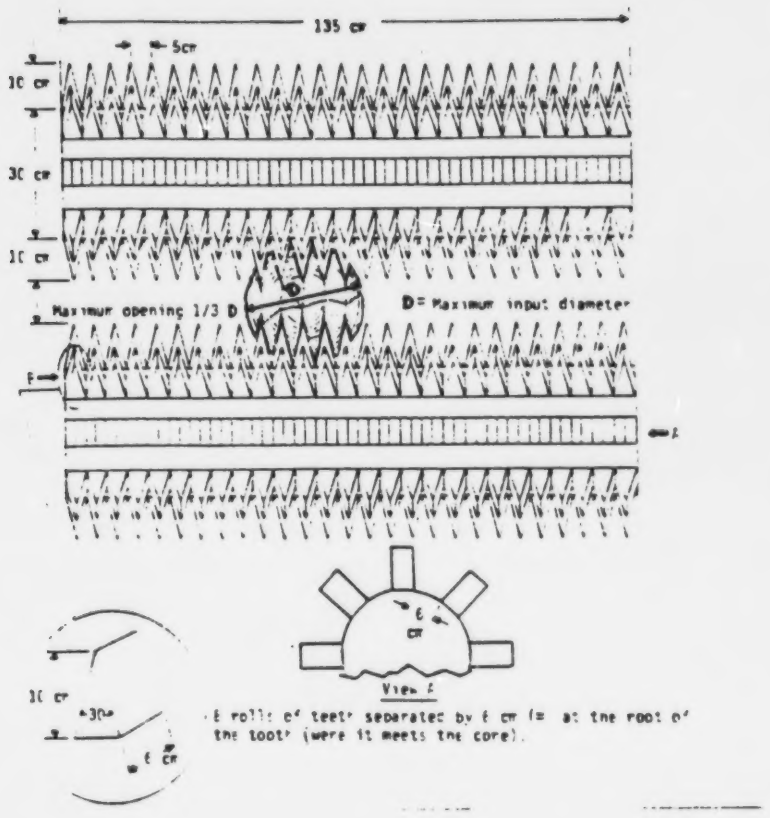


Figure 4: Nouveau concept des rouleaux

L'avantage de transformer le bois sous forme d'éclisses se concrétise de façon significative lors de la mise en ballots. Ces éclisses forment des ballots denses à de faibles pressions. Comme elles sont plus résilientes que les billes de bois, elles se déforment lors de l'expansion du ballot après le ficelage, ce qui évite la rupture des attaches.

5.0 COMPACTION

Les résidus forestiers sont généralement de trop faible densité pour assurer leur transport d'une façon économique. Les véhicules routiers se retrouvent chargés à plein avant même d'avoir atteint leur charge maximale légale. La solution à ce problème consiste à compacter les résidus en ballots avant de les transporter.

Les ballots se manipulent plus aisément que les copeaux ou les résidus en vrac. Ils sont compatibles avec les équipements standards de manutention et de transports des billots, ce qui évite à l'entrepreneur l'achat de nouveaux équipements.

Le système de compaction le plus prometteur est celui employant une presse à ballots rectangulaires. Le ratio optimal de réduction de volume des résidus est de l'ordre de 0,5, on peut y arriver grâce à une pression relativement faible, soit 350 kPa (50 psi).

Avec une telle pression sur les résidus, on peut atteindre une densité d'environ 400 kg/m^3 après compaction. Ces résultats ont cependant été tirés de tests effectués sur des branches non transformées. De nouveaux tests devraient être exécutés sur des résidus grossièrement broyés afin de vérifier ces valeurs ou d'en tirer de nouvelles.

Il est important que la dimension des ballots se plie à la configuration des véhicules de transport et à la capacité des bras manipulateurs. La dimension retenue est 1 m x 1 m x 1,2 m de long.

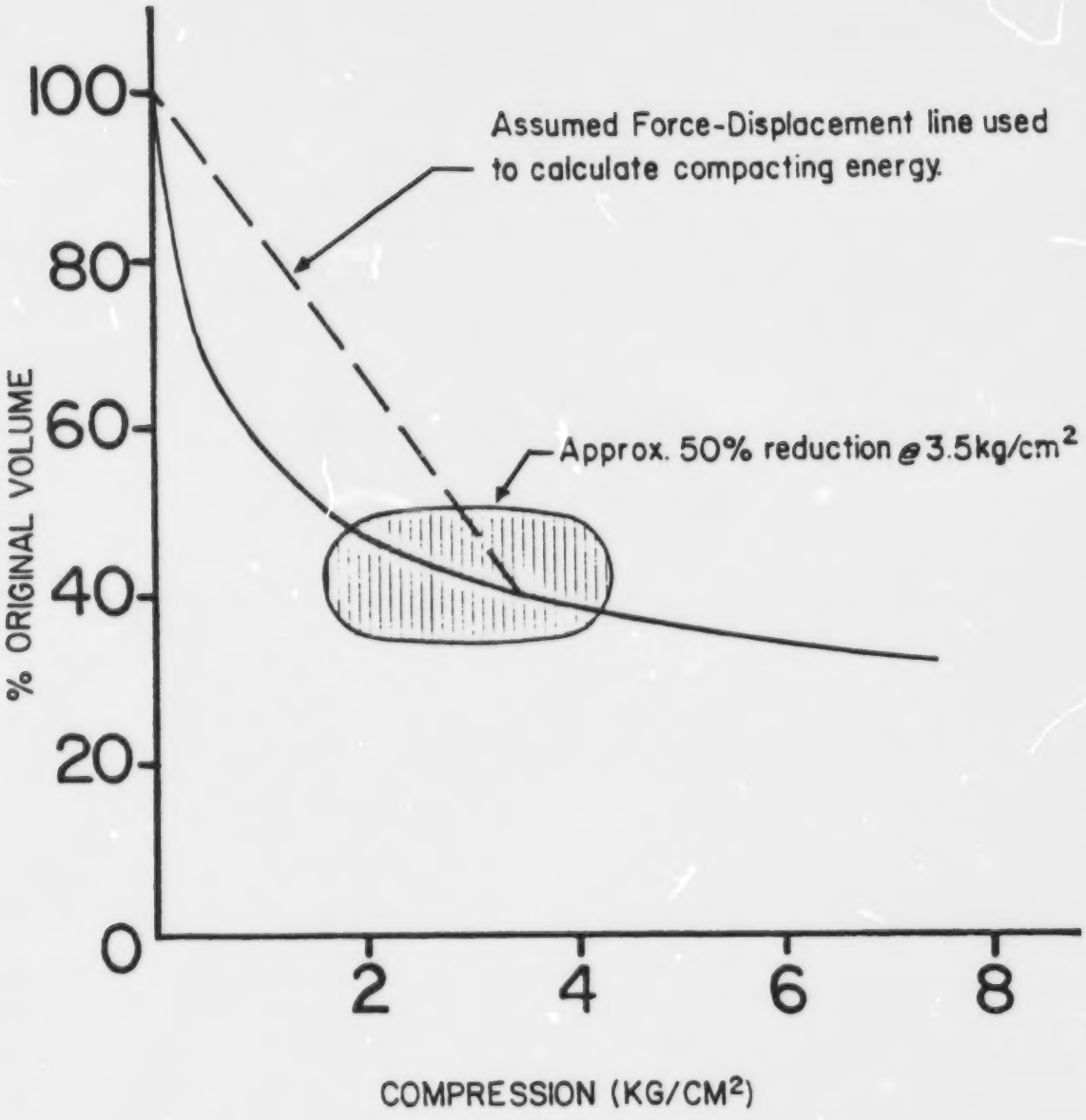


Figure 5: Pression de compaction (tirée de tests réalisés à l'aide de la presse de la "Virginia Polytechnic Institute"

5.1 PROJETS

Le projet le plus intéressant dans le domaine de la compaction des résidus forestiers est celui de la "Virginia Polytechnic Institute" avec le "VPI Square Baler". Cette presse est montée sur une remorque et on peut la transporter facilement sur les lieux mêmes d'exploitation. On dénote deux actions propres à cette presse, elle cisaille les résidus en longueur constante puis elle les compacte. Le cisaillement des résidus demande autant d'énergie que leur compaction. Les besoins énergétiques globaux de ce procédé sont environ quatre fois moindres que ceux d'un déchiqueteur.

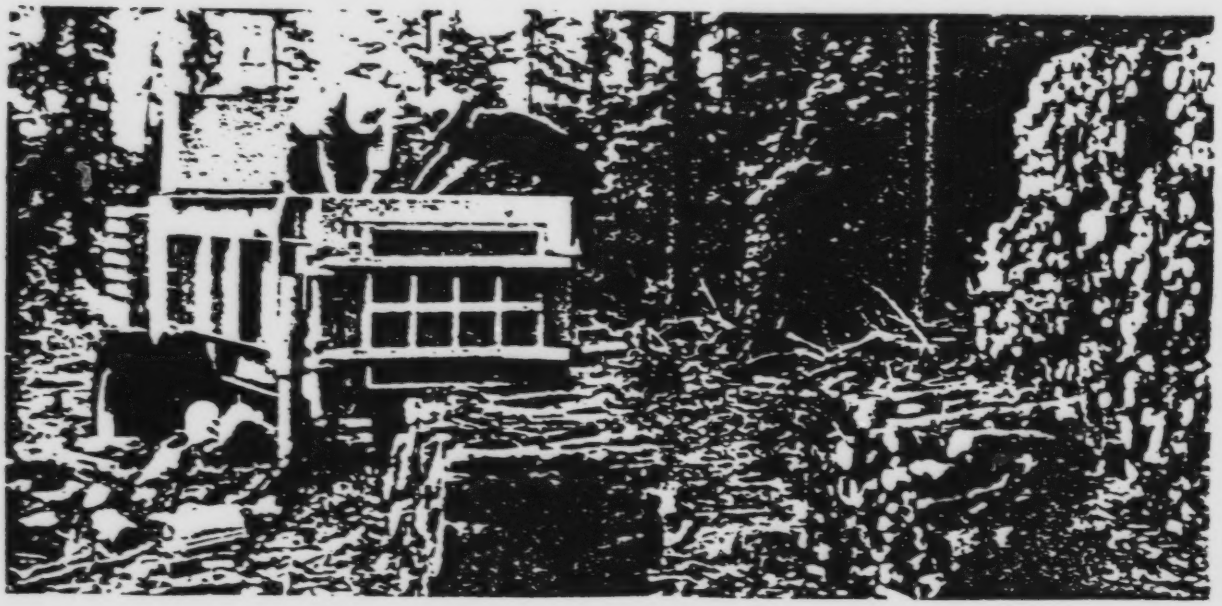


Figure 6

L'entreprise Harris Press and Shear a oeuvré à sa façon dans le domaine de la compaction des résidus par l'emploi de presses à métal et à papier. Les presses à métal se sont révélées trop puissantes et les presses à papier trop lentes dues à leur petite bouche d'alimentation. A partir de ces résultats, la compagnie a décidé de développer une presse capable de compacter en un coup une charge de 600 kg de résidus à une pression optimale.

6.0 SÉCHAGE

Le séchage du bois permet d'augmenter sa valeur calorifique, de réduire son poids et d'en faciliter le broyage secondaire.

On peut sécher le bois dans des séchoirs mais dans le cas des résidus, cette alternative en diminuerait tout espoir d'en rentabiliser la récupération. La solution envisagée consiste à sécher le bois à l'air libre sous l'action combinée du vent et du soleil. Les tests de White (2) ont démontré que l'empilement des résidus sous forme de cônes très inclinés se révèle le moyen de séchage le plus efficace pour les grandes quantités de matériel en vrac. Lors de ces tests, les résidus en surface de la pile ont toujours été saturés en humidité, ce qui pourrait laisser croire que le séchage est plutôt le résultat de l'augmentation de la température provoquée par les réactions chimiques et biologiques du bois, que de l'effet du vent et du soleil. Koch (3) a établi que les copeaux sèchent plus rapidement lorsqu'ils sont en couches minces, à l'abri des intempéries et retournés pendant le séchage. Dans le cas de ce procédé, le taux de séchage est inversement proportionnel à l'humidité relative de l'air. Il est à noter que les fragments de bois sèchent plus rapidement que les copeaux (4). Une pile de fragments comporte plus d'espaces inoccupés, ce qui facilite la circulation de l'air. Cette observation a cependant été tirée à partir d'expérimentations réalisées à l'intérieur, donc à l'abri des intempéries. En cas de précipitations, il se peut fort bien qu'une pile de fragments soit plus perméable.

Pour tous tests visant à évaluer un nouveau procédé de séchage extérieur, il est important de tenir un registre des conditions météorologiques. Ces données pourront permettre de vérifier s'il y a corrélation entre le taux d'humidité du bois et l'humidité relative de l'air, les précipitations et la température.

7.0 ÉQUIPEMENTS

7.1 FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE NICHOLSON-KOCH

Ce système permet de faire une coupe à blanc des boisés n'ayant pas de valeur commerciale. Les arbres sont coupés à la base, déchiquetés en copeaux et évacués vers un transporteur qui suit la faucheuse. Cette dernière ne permet pas de recueillir d'une façon efficace les débris jonchant le sol et elle ne peut opérer en terrain accidenté. Son emploi ne se justifie que dans les zones densément peuplées, car le procédé requiert au moins deux véhicules de transport de copeaux à plein temps.

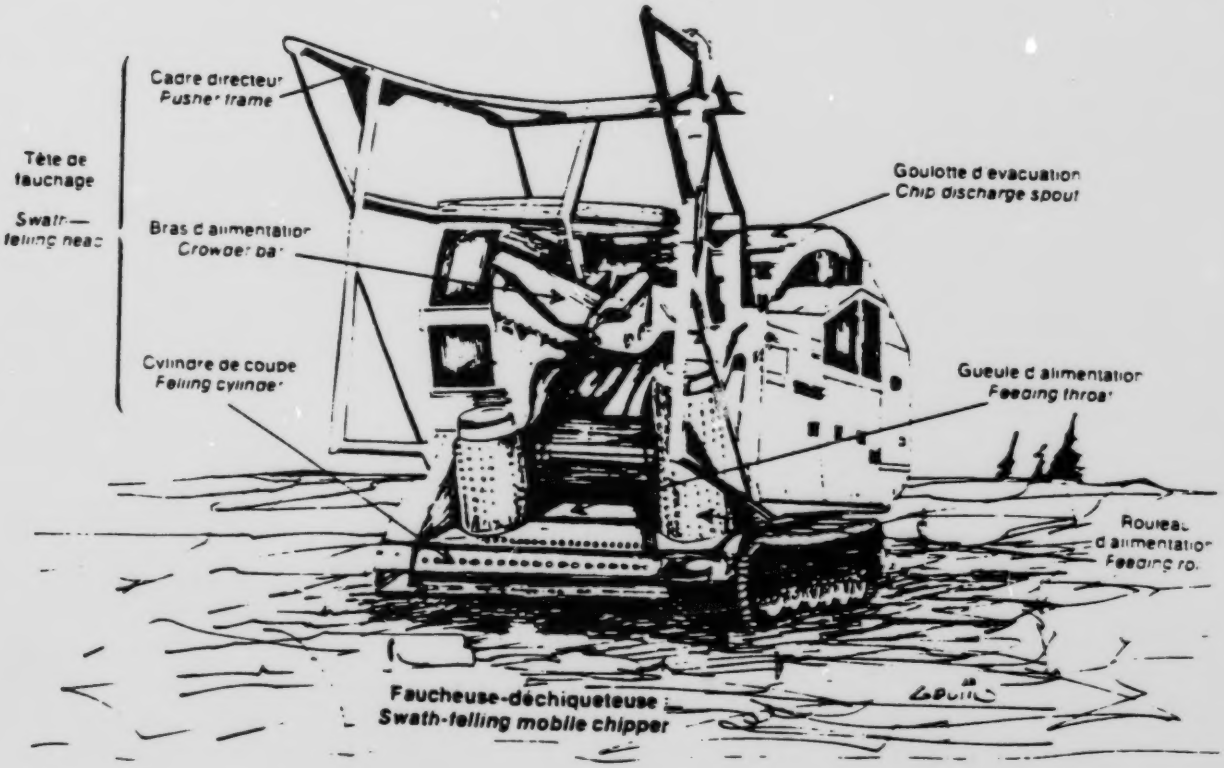


Figure 7

7.2 FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX PALLARI

Le dispositif mis au point par Pallari accomplit essentiellement le même travail que la faucheuse-déchiqueteuse Nicholson-Koch. Les copeaux sont toutefois emmagasinés dans de gros sacs plutôt qu'acheminés vers un transporteur. Ce principe permet de diminuer les coûts élevés associés à la sous-utilisation du transporteur pour la récupération dans les zones faiblement peuplées. Cet appareil ne peut récupérer les résidus au sol.

Figure 8

7.3 RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS RECUFOR

Cet engin automoteur récupère les résidus d'exploitation jonchant les parterres de coupe. Un râteau rotatif ramasse les résidus pour les acheminer vers des couteaux agissant comme outils de contre-coupe où ils sont broyés et chargés dans une benne.

Ce système s'est avéré trop sophistiqué car dans la majorité de nos exploitations forestières, les résidus sont concentrés sur le bord des chemins d'accès. Il n'est plus nécessaire à ce moment de dépenser de l'énergie et du temps à sillonner inutilement les parterres de coupe quand un engin se déplaçant sur les chemins forestiers pourrait se charger du travail d'une façon plus économique. D'ailleurs, le concept Recufor a subi des modifications majeures dans cette voie.

Récupératrice-porteuse de fragments
Logging residue harvester

Figure 9

8.0 RECOMMANDATIONS

Plusieurs projets couvrant des domaines connexes à l'objectif du présent projet ont été identifiés. Cependant, aucun n'a fait en pratique le broyage, la compaction et le séchage à l'air libre tel que proposé ici.

Il est donc préférable que des essais en chantier soient effectués dans ce sens.

Le projet consistera donc à obtenir des ballots de résidus de taille suffisante afin de pouvoir les manipuler d'une façon économique à l'aide d'un chargeur à flèche articulée. Ces ballots devront être compactés à une densité d'environ 35 lb/pi^3 lorsque les résidus sont à l'état vert (100% d'humidité, base sèche), de façon à ce qu'ils atteignent une densité de 25 lb/pi^3 après le séchage à l'air libre. Cette densité permettrait d'optimaliser le transport routier des résidus.

Afin de démontrer la faisabilité de fabriquer de tels ballots à partir de résidus forestiers, il sera nécessaire d'en compacter une cinquantaine, de les empiler adéquatement et de les échantillonner périodiquement au cours des mois suivants afin d'en évaluer le taux de séchage. Il va de soi qu'au long de ces essais, un registre des conditions atmosphériques sera maintenu afin de tirer les corrélations possibles entre elles et le taux de séchage.

BIBLIOGRAPHIE

1) Lussier, L.J., Maranda, J. Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière au Québec. Projet Enfor, contrat no 095D.KL004-0-C-019, 1981.

2) White, M.S. Solar Drying of Hogged Wood and Bark Fuels. Virginia Polytechnic Institute, Virginia. Publié par Forest Products Research Society, pages 74-79, 1977.

3) Koch, P. Moisture Changes in Oak and Hickory Fuel Chips. Forest Prod. j., pages 59-61, 1983.

4) Sturos, J.B., Coyer, L.A., Arola, R.A. Air Drying of Chunkwood and Chips. Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 1983.

5) Jones, K.C. Field Tests to Develop Energy Saving Wood Comminution Techniques. Projet Enfor no P-28, rapport spécial no SR-15. Institut canadien de recherches en génie forestier, Pointe-Claire, Québec, 1980.

6) Jones, K.C. A review of Energy Requirements to Comminute Woody Biomass. Projet Enfor no P-28, rapport spécial no SR-14. Institut canadien de recherches en génie forestier, Pointe-Claire, Québec, 1980.

7) Wilkins, K.A. Baling: What to do with what's left over. Va Forests, pages 14-15, 1980.

8) Larsson, M., Carlsson, T. Trucking of Logging Residues and Tree Sections. Logging Research Foundation, Stockholm, Sweden.

9) Walbridge, T.A., Stuart, W.B. An Alternative to Whole Tree Chipping for the Recovery of Logging Residues. School of Forestry et Wildlife Resources, Virginia Polytechnic Institute and State University.

10) Koch, P., Savage, T.E. Development of the Swathe-felling mobile chipper. Journal of Forestry, jan. 1980.

11) Wimble, A.W. Self-propelled chipper/forwarder. American Pulpwood Association, 1977.

12) Hakkila, P. Wood for Energy in Finland. Forest Prod. 2, pages 10-13, July, 1981.

13) Fast, W.D. Biomass Baling Tests. Harris Press and Shear, Inc. Georgia, 1982.

14) Sicard-Lussier, T., Récolte de la biomasse forestière. Étude terminologique. Projet Enfor no P-280, rapport spécial no RS-25.

SYSTÈME DE BROYAGE ET DE COMPACTION - PHASE I

Dossier CRIQ no 4-3152

Rapport technique no MEC-85-036

Août 1985

ANNEXE A

FC-4442

Client: **Ministère approvisionnement et service**

11, rue Laurier
Hull (Québec)
K1A 0S5

CRIQ
CENTRE DE RECHERCHE
INDUSTRIELLE DU QUÉBEC

ANNEXE A

Articles et rapports techniques

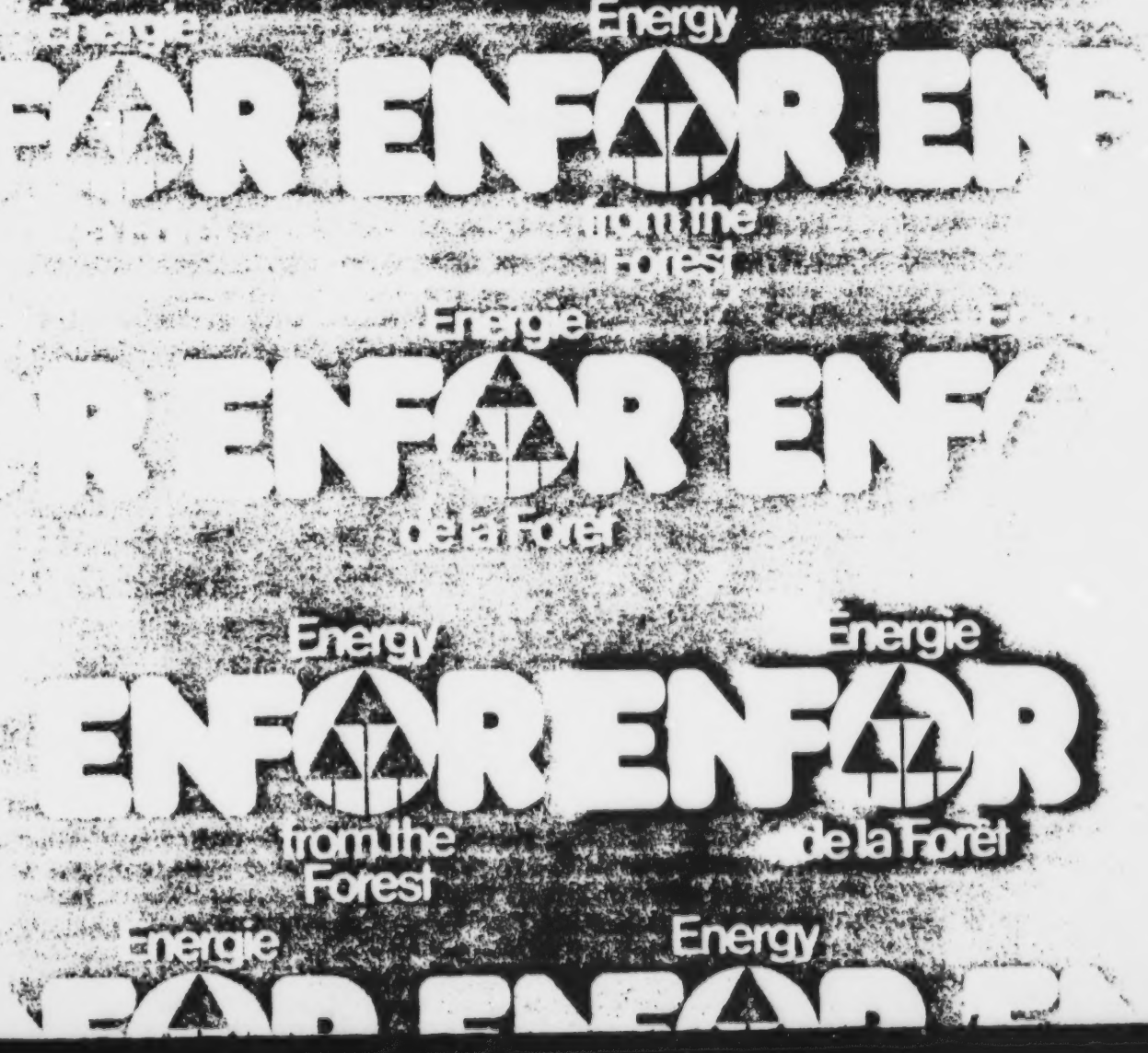
Références nos 1 à 13

LAU-X-82
ENFOR P-157

Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière au Québec

LOUIS-JEAN LUSSIER et JACQUES MARANDA

DARVEAU, GRENIER, LUSSIER ET ASSOCIÉS



PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE AU QUEBEC

Louis-Jean Lussier et Jacques Maranda
Darveau, Grenier, Lussier et Associés
Projet ENFOR P-157

LAU-X-52
1982

Centre de Recherches Forestières des Laurentides
Service canadien des forêts
Ministère de l'Environnement
1080, route du Vallon
Sainte-Foy, Québec
G1V 4C7

Also available in English under the title *"Prospects for the use of forest biomass in Quebec"*

ISSN-0703-2196

(C) Ministère des Approvisionnements et Services 1982

AVANT-PROPOS

ENFOR est l'acronyme bilingue du programme de recherche et de développement en matière d'ENergie FORestière (ENergy from the FORest) du Service canadien des forêts, qui vise à s'assurer les connaissances et la compétence technique nécessaires afin de favoriser une forte augmentation de la contribution, à moyen et à long terme, de la biomasse forestière à la production d'énergie primaire de notre pays. Ce programme s'inscrit dans le cadre d'une entreprise beaucoup plus vaste du gouvernement visant à promouvoir le développement et l'utilisation de l'énergie renouvelable dans le but de réduire notre dépendance à l'égard du pétrole et des autres sources énergétiques non renouvelables.

Les projets d'ENFOR sont sélectionnés parmi une série de propositions présentées par des organisations de recherches privées et publiques, selon le bien-fondé scientifique et technique de chacune et à la lumière des objectifs et des priorités du programme. Quelle que soit l'origine de la proposition, les projets sont surtout réalisés par contrat. Des informations additionnelles sur le programme ENFOR peuvent être obtenues en s'adressant au:

Secrétariat ENFOR
Service canadien des forêts
Ministère de l'Environnement
OTTAWA (Ontario)
K1A 1G5

... ou au directeur de l'établissement d'où provient le présent rapport.

Ce projet, qui découle du projet ENFOR P-157, a été préparé par Louis-Jean Lussier, ing. f., Ph. D. et Jacques Maranda, ing. f., M. Sc. A., suite au mandat confié au bureau Darveau, Grenier, Lussier et Associés (dossier MAS 09SD-KL004-0-C-019). Les données contenues dans ce rapport sont le résultat du travail effectué au cours du mandat et les conclusions auxquelles arrivent les auteurs du rapport ne reflètent pas forcément la position du Service canadien des forêts ou du programme ENFOR.

Le grand intérêt de ce rapport est que, pour la première fois semble-t-il, toutes les données forestières disponibles ont été rassemblées et utilisées afin d'obtenir une image globale de l'utilisation actuelle et future de la biomasse forestière pour la province de Québec.

RESUME

La disponibilité de biomasse forestière, au Québec, est estimée par zones d'aménagement et par régions administratives. Ce rapport examine l'utilisation actuelle (1981) de cette biomasse, ainsi que les quantités de biomasse excédentaire par source de biomasse et catégorie de produit.

L'utilisation de la biomasse excédentaire, au cours de la prochaine décennie, fait l'objet de prévisions et les conflits possibles entre les utilisations actuelles et futures de biomasse sont analysés.

Le volume total de biomasse aérienne disponible annuellement, dans les peuplements forestiers du Québec, se chiffre à 35 millions de m^3 et à 15 millions de tonnes métriques anhydres sous aménagement extensif. Les résidus de coupe représentent 10% de cette quantité, les arbres entiers marchands 60% et les tiges non-marchandes 30%.

ABSTRACT

In Quebec, the availability of forest biomass is assessed by management zones and administrative regions. This report examines current use (1981) of forest biomass, as well as quantities of surplus biomass by biomass source and product category.

The uses of surplus biomass over the next decade are forecasted and possible conflicts between current and future uses are analyzed.

The total above-ground wood biomass available annually, in Quebec's forests, is 35 million m^3 and 15 million oven-dry metric tonnes under extensive management. Logging residues represent 10% of this quantity, merchantable full trees 60% and unmerchantable trees 30%.

darveau, grenier, lussier et associés
INGENIEURS FORESTIERS ET CONSEILLERS EN GESTION
870, AVENUE CASOT, QUÉBEC, P.Q. G1S 2X9 ■ CANADA ■ 683-2385

PLAN DE MISE EN VALEUR DU TERRITOIRE FORESTIER
ANALYSE DES SYSTEMES D'EXPLOITATION FORESTIERE
ETUDES DE RENTABILITE
RECHERCHE OPERATIONNELLE

Québec, le 10 juillet 1981

Monsieur Gilles Frisque, ing.f., Ph. D.
Centre de Recherches forestières des Laurentides
1080, route du Vallon
Sainte-Foy, Qué.
G1V 4C7

Chér Monsieur Frisque,

Vous trouverez ci-joint le rapport final "Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière au Québec" qui fait suite au projet ENFOR P-157.

Cette étude indique clairement le fort potentiel de la biomasse forestière au Québec et l'avantage qu'il y aurait à mieux connaître cette source énergétique locale.

Veuillez accepter l'espression de mes salutations distinquées.

Jacques Maranda

Pièce jointe:cv

Jacques Maranda, ing.f., M.Sc.A.

TABLE DES MATIERES

	Page
AVANT-PROPOS	i
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LETTRE D'INTRODUCTION	v
TABLE DES MATIERES	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
SOMMAIRE	x
1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
3. METHODOLOGIE RETENUE	2
3.1 Subdivision du territoire	3
3.2 Données forestières fondamentales	6
3.3 Calcul de la possibilité	7
3.4 Récolte actuelle	9
3.5 Disponibilité de volumes marchands	9
3.6 Facteurs de biomasse et exemple d'utilisation	10
3.7 Densité des essences	12
3.8 Equivalent énergétique et valeur monétaire	12
3.9 Résidus d'usinage	12
3.10 Prévisions de l'utilisation de la biomasse forestière	13
4. RESULTATS DE L'ETUDE	13
4.1 Possibilité, récolte et disponibilités de troncs marchands s. é.	13
4.2 Biomasse excédentaire disponible en forêt	14
4.3 Production et consommation actuelles de résidus d'usinage	26
4.4 Production et consommation prévues de résidus d'usinage	28
4.5 Résumé des disponibilités nettes de biomasse forestière	28
4.6 Biomasse excédentaire totale au Québec	30
4.7 Disponibilité pratique de biomasse	32
4.8 Prévisions de la production et de la consommation de biomasse forestière, cinq et dix prochaines années	35
4.9 Prix de revient et coûts de production de la biomasse forestière	45
4.10 Conflits d'utilisation de la biomasse forestière	49

CONCLUSION 54

REMERCIEMENTS 55

ANNEXE 1: Récolte, possibilité et disponibilités de volume marchand brut s. é. 1.1

ANNEXE 2: Production et utilisation des résidus du bois, par région administrative, type de résidus et secteur industriel 2.1

ANNEXE 3: Volumes de biomasse par blocs de compilation et unités d'étude . . . . . sous pli séparé . . .

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	POSSIBILITE, RECOLTE ET DISPONIBILITES DE TRONCS MARCHANDS S.E.	15
2	VOLUME DE BIOMASSE DISPONIBLE ANNUELLEMENT	16
3	POIDS DE BIOMASSE DISPONIBLE ANNUELLEMENT	17
4	EQUIVALENT ENERGETIQUE DE LA BIOMASSE DISPONIBLE	18
5	VALEUR MONETAIRE DE LA BIOMASSE DISPONIBLE	19
6	FACTEURS DE BIOMASSE	20
7	PRODUCTION ET CONSOMMATION ACTUELLES DE RESIDUS D'USINAGE (ECORCE, SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE) PAR REGION EN TONNES METRIQUES ANHYDRES PAR ANNEE	27
8	PRODUCTION ET CONSOMMATION PROJETEES (PROCHAINES CINQ ANNEES) DE RESIDUS D'USINAGE (ECORCE, SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE) PAR REGION EN TONNES METRIQUES ANHYDRES PAR ANNEE . . .	29
9	DONNEES RELATIVES AUX PLANTATIONS ENERGETIQUES DE PEUPLIER HYBRIDE	31
10	BIOMASSE EXCEDENTAIRE TOTALE DU QUEBEC	33
11	DISPONIBILITE PRATIQUE DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE (1981)	32
12	DISPONIBILITE PRATIQUE DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE (1980-90)	36
13	PREVISIONS DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION DE RESIDUS LIGNEUX D'USINAGE DU BOIS ET DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE PAR CATEGORIE DE PRODUIT	42
14	PREVISIONS DE LA CONSOMMATION DE RESIDUS LIGNEUX D'USINAGE DU BOIS ET DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE PAR CATEGORIE DE CONSOMMATEUR	43

SOMMAIRE

Remarque: Tous les résultats présentés dans ce sommaire sont arrondis. On trouvera les valeurs exactes dans le corps du rapport.

1. *Cette étude retient comme principaux objectifs d'estimer le potentiel de production de la biomasse forestière du Québec, de déterminer l'utilisation présente de ce potentiel, de dégager la biomasse excédentaire par source de biomasse et catégorie de produit, de prévoir l'utilisation de la biomasse excédentaire au cours de la prochaine décennie, de quantifier la biomasse disponible en pratique durant cette même période, d'examiner les conflits possibles entre les utilisations actuelles et nouvelles de biomasse, de suggérer, le cas échéant, les moyens de réduire ces conflits d'utilisation, de faire, enfin, en regard de la prochaine décennie, des recommandations générales relativement à l'utilisation de la biomasse forestière excédentaire.*

2. *Comme le Québec comprend un vaste territoire forestier de quelque 500,000 kilomètres carrés, il a fallu le subdiviser en unités d'étude afin de rencontrer les objectifs de ce travail. Ces unités, au nombre de 26, sont formées des neuf régions administratives officiellement reconnues au Québec et des quatre grandes zones d'aménagement reconnues par le Service d'Aménagement forestier de cette province.*

3. *Afin d'uniformiser les résultats d'une région à l'autre et de tenir compte des buts particuliers de l'étude, on a conçu une méthode simple de calcul de la possibilité qui suppose, entre autres, que la possibilité du sapin, des épinettes et du pin gris égale la récolte actuelle de ces essences, que la possibilité des autres résineux dans les peuplements à tendance résineuses est fonction de cette récolte, que la possibilité des feuillus tolérants dans les peuplements à tendance feuillue égale 1.1% du stock marchand sur pied de ces essences, que la possibilité des feuillus intolérants dans les peuplements à tendance feuillue égale 1.7% du stock marchand sur pied de ces essences, enfin que la possibilité des résineux autres que le sapin, l'épinette et le pin gris dans les peuplements à tendance feuillue est fonction de la possibilité des essences feuillues.*

4. *Les données concernant la récolte annuelle proviennent du Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec (MER) pour la forêt publique et de la Fédération des Producteurs de Bois du Québec pour la forêt privée. Les disponibilités de volumes marchands par unité d'étude découlent de la différence entre la possibilité et la récolte.*

5. *Les facteurs de biomasse servant à estimer les volumes de tiges non marchandes et ceux des branches et houppiers proviennent essentiellement d'une étude conduite par le MER en 1978 et intitulée "Tarifs de cubage d'arbres entiers". Pour les fins de cette étude, on a posé l'hypothèse que l'écorce des troncs marchands et que les souches et racines représentaient respectivement 12 et 15% du volume marchand sans écorce.*

6. *Les quantités de biomasse disponible sont exprimées en volume ('000 m^3), en poids ('000 tonnes métriques anhydres), en équivalent énergétique (millions de litres d'huile no 2) et en valeur monétaire (millions de dollars).*

7. *En plus d'estimer les quantités de biomasse disponibles en forêt, on a évalué les disponibilités sous forme de résidus d'usinage du bois (sciures et copeaux de rabotage). A cette fin, on a conduit une enquête auprès de tous les producteurs de pâtes et papiers et des producteurs de bois de sciage de 15 millions de pmp et plus annuellement, enquête au cours de laquelle on a pu établir la production et la consommation actuelles et prévues de résidus d'usinage pour les années 1980 et 1985. Lors de la même enquête, on a également déterminé les volumes actuels et futurs de biomasse en forêt servant à des utilisations industrielles comme les pâtes et papiers, les agglomérés et la sidérurgie.*

8. *La possibilité totale du Québec forestier productif se chiffre à 47 millions de m^3 sous aménagement extensif (environ 16 millions de cunits), ce qui correspond bien aux données du MER (à peu près 15 millions de cunits). La possibilité de la forêt privée représente 20% du total, ce qui est également conforme aux données du MER. La possibilité de la forêt habitée (l'ensemble de la forêt privée et publique de banlieue) représente 60% du total. Les disponibilités de troncs marchands se chiffrent, pour l'ensemble du Québec, à 15 millions de m^3, et sont constituées à 80% d'essences feuillues. Environ 70% de ces disponibilités proviennent de la forêt habitée.*

9. *Le volume total de biomasse aérienne disponible annuellement en forêt se chiffre à 35 millions de mètres cubes et à 15 millions de tonnes métriques anhydres (aménagement extensif). Les résidus de coupe représentent 10% de cette quantité, les arbres entiers marchands 60% et les tiges non marchandes 30%, le tout sur une base pondérale.*

10. *L'équivalent énergétique de cette biomasse disponible s'évalue à 3.6 milliards de litres d'huile no 2, ce qui représente une valeur monétaire d'environ 1 milliard de dollars par année.*

11. *La production annuelle d'écorce dans les usines de pâtes et papiers et de celles du sciage se chiffre à 1.65 million de tonnes métriques anhydres en 1980, la consommation à 0.95 million de tonnes, d'où un excédent d'écorce de 0.7 million de tonnes. L'industrie des pâtes et papiers consomme à elle seule, pour fins énergétiques, 92% des quantités totales d'écorce utilisée.*

12. *La production annuelle de sciures et de copeaux de rabotage s'évalue à 1.37 million de tonnes, la consommation à 1.03 million de tonnes, d'où un excédent de 0.34 million de tonne. La consommation industrielle de ces résidus représente 65%, le reste étant utilisé pour la production d'énergie.*

13. *Plusieurs régions sont déjà déficitaires de résidus d'usinage du bois. La région du St-Maurice (04) doit déjà importer 215,000 tonnes de sciures et de copeaux de rabotage des autres régions (Abitibi et Lac St-Jean), soit 80% de ses besoins.*

14. *D'ici cinq ans, la consommation de résidus d'usinage sera égale à la production, soit 1.85 million de tonnes d'écorce et 1.40 million de tonnes de sciures et de copeaux de rabotage.*

15. *Les disponibilités totales de biomasse forestière (en forêt et aux usines) s'évalue à 17 millions de tonnes métriques anhydres, soit l'équivalent de 4 milliards de litres d'huile no 2. représentant une valeur d'un milliard de dollars.*

16. *La biomasse excédentaire totale au Québec, sous aménagement intensif et incluant les souches et racines, s'estime à 30 millions de tonnes métriques anhydres, représentant 7 milliards de litres d'huile no 2 et une valeur d'environ 2 milliards de dollars.*

17. *La disponibilité pratique et économique de la biomasse s'estime à 30% de la biomasse excédentaire totale, soit environ 10 millions de tonnes. Près de 80% de cette disponibilité provient de la forêt habitée et se présente dans une proportion de 80% sous forme d'arbres entiers marchands et non marchands.*

18. *L'industrie des pâtes et papiers a consommé en 1980 environ 1.62 million de tonnes de résidus d'usinage du bois. On prévoit qu'elle en consommera 2.75 millions de tonnes en 1985 et 4.0 millions de tonnes en 1990. Pour sa part, la production totale de tels résidus s'évalue à 3.0 millions de tonnes en 1980, à 3.3 millions en 1985 et à 3.5 millions en 1990. Donc, avant la fin de la présente décennie, les besoins en résidus d'usinage du bois de la seule industrie des pâtes et papiers seront fort probablement supérieurs à la production de ces mêmes résidus.*

19. *La consommation totale de résidus d'usinage s'évalue à 2.0 millions de tonnes en 1980, à 3.2 millions de tonnes en 1985 et à 4.5 millions de tonnes en 1990. On en conclut que, selon les meilleurs prévisions possibles, les besoins en résidus seront, dès 1986, plus considérables que leur volume de production et qu'il faudra alors se tourner vers d'autres sources de matière ligneuse, notamment la biomasse excédentaire en forêt. On peut également prévoir, à brève échéance, une hausse rapide des prix des résidus, prix qui, vers 1985, devraient s'approcher de la valeur de leur équivalent énergétique, soit environ $40 la tonne métrique anhydre, dollars de 1980.*

20. *La consommation totale de biomasse forestière (forêt et usines) passera de 2.3 millions de tonnes en 1980 à 4.9 millions de tonnes en 1990. L'industrie des pâtes et papiers demeurera le principal consommateur de biomasse excédentaire, soit 75% de la production totale.*

21. *En 1980, les prix de revient de la biomasse forestière s'évaluent approximativement comme suit (distance moyenne de 50 kilomètres):*

		$/tonne métrique anhydre	
Résidus d'usine	*Ecorce*	*11*	
	Sciures et copeaux de rabotage	*20*	
Résidus de coupe	*Déchets sur parterre de coupe*	*38*	
	Déchets bord de route	*30*	
	Traitement des arbres entiers à l'usine de pâte	*10*	*(coût additionnel)*
	Récolte d'arbres entiers	*40*	
	Plantations énergétiques	*52*	

22. *A l'exception de la méthode qui consiste à traiter les arbres entiers à l'usine de pâte (coût additionnel de $10), toutes les autres sources de biomasse en forêt sont plus dispendieuses que les résidus d'usinage, d'où la réticence des utilisateurs à faire appel à ces autres sources. La véritable concurrence à la biomasse disponible en forêt se trouve beaucoup plus dans l'excédent des résidus d'usinage du bois que chez les vendeurs de pétrole. Cependant, cet excédent diminue rapidement de sorte que l'on devrait bientôt faire appel aux résidus de coupe et aux arbres entiers.*

23. *Les plantations énergétiques sont présentement trop onéreuses pour représenter un potentiel de biomasse économiquement intéressant.*

24. *Parmi les autres sources de biomasse, la récolte d'arbres entiers semble, à première vue, la moins attrayante. Cependant, tel n'est pas le cas; elle*

est en réalité la première source d'approvisionnement sur laquelle on devrait compter. En effet, les disponibilités des autres sources sont assez faibles si l'on tient compte des contraintes de transport auxquelles elles sont soumises (aucun flottage ou transport routier public possible dans le cas du traitement des arbres entiers à l'usine de pâte, aucun flottage dans celui des autres résidus de récolte). De plus, les estimations de coûts sont très approximatives et le coût réel pourrait être supérieur à ce qu'indique ce rapport, surtout si l'on tient compte que, dans bien des cas, la distance de transport dépassera 50 kilomètres. Enfin, ces disponibilités se situent dans des régions (02 et 08) où il existera encore en 1985 des excédents appréciables de résidus d'usinage. Pour ces différentes raisons, la récolte d'arbres entiers devient prioritaire, d'autant plus qu'elle représente au moins 80% de la biomasse disponible, biomasse qui se trouve dans le Québec méridional, près des usines consommatrices de bois.

25. *Afin qu'une telle récolte devienne plus économique, on devra cependant intensifier la recherche et le développement dans certains domaines particuliers: la mise au point d'engins d'exploitation et de méthodes de travail conçus spécifiquement pour le traitement de peuplements forestiers dégradés; le développement de nouveaux marchés et de nouvelles utilisations; l'intégration harmonieuse de la récolte d'arbres entiers à la remise en valeur de forêts dégradées; la conception d'une méthode d'analyse économique appropriée, qui tienne compte de tous les éléments socio-économiques propres à l'utilisation de la biomasse forestière.*

26. *Si l'on compare les besoins prévus de biomasse de l'année 1990 (5 millions de tonnes) aux disponibilités totales (30 millions de tonnes), il n'existe pas de conflits réels d'utilisation au plan purement physique des disponibilités. Cependant, il existera, dans les secteurs des résidus d'usinage du bois, une concurrence qui entraînera une forte hausse des prix de vente et qui forcera l'industrie consommatrice de ces produits à rechercher des sources alternes d'approvisionnement. Parmi ces sources, on retient principalement la biomasse disponible en forêt.*

27. *On prévoit, à court terme, des conflits dans l'utilisation des sciures et copeaux de rabotage et, à moyen terme, une forte concurrence dans celle de l'écorce.*

28. *Les régions du St-Maurice (04) et du Bas St-Laurent-Gaspésie (01) subiront plus fortement que les autres régions les effets néfastes de ces conflits, alors que les régions du Lac St-Jean (02) et du Nord-Ouest (08) seront peu vulnérables et devraient continuer à exporter des résidus.*

29. *La récolte de biomasse en forêt constitue le meilleur moyen de contrer les mauvais effets de ces conflits et de cette concurrence. On devrait exploiter au départ les peuplements forestiers dégradés mais on devra, au fur et à mesure de leur disparition, se tourner davantage vers les plantations d'arbres à croissance rapide et la récolte des résidus de coupe.*

30. *En conclusion, les disponibilités physiques de biomasse forestière sont énormes au Québec mais il reste encore beaucoup à faire avant de pouvoir les exploiter économiquement. En plus de la recherche et du développement déjà soulignés, on devra prévoir la récolte de biomasse dans le cadre de plans de gestion appropriés. On devra, enfin, s'efforcer de mieux cerner les problèmes causés par les conflits d'utilisation, à l'aide du développement et de l'application d'un modèle économique approprié d'offre et de demande des diverses catégories de produits de la biomasse forestière.*

1. INTRODUCTION

Depuis l'avènement de la crise du pétrole, l'utilisation de nouvelles sources d'énergie fait l'objet d'intenses recherches dans tous les pays du monde occidental. Bien que pourvu de ressources pétrolières importantes, le Canada doit importer de fortes quantités d'hydrocarbures (environ 65 millions de litres par jour). De ce fait, à l'instar des autres pays occidentaux, il consacre des efforts considérables à la recherche de nouvelles sources d'énergie. Etant doté d'immenses ressources forestières, il va de soi qu'une partie de ses efforts porte sur l'utilisation de la biomasse forestière, surtout si l'on tient compte que l'on sous-utilise actuellement plus de 75% du potentiel canadien de production de matière ligneuse. Pour le gouvernement du Canada, la recherche en ce domaine relève principalement du service canadien des forêts, qui a mis sur pied à cet égard le programme ENFOR. La présente étude fait partie de ce programme.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Déterminer un ordre de grandeur de la disponibilité théorique de biomasse forestière constitue une tâche assez longue mais en soi relativement facile. Il s'agit tout simplement d'appliquer à la possibilité annuelle de coupe, calculée de façon traditionnelle, des facteurs de biomasse appropriés, permettant d'estimer, à partir du volume marchand, les volumes additionnels de fibre ligneuse, disponibles sous forme d'arbres entiers non marchands, de branches, de cimes, d'écorce et de souches. De tels facteurs existent déjà, à l'état approximatif, pour la plupart des essences et peuplements de la forêt canadienne.

Cependant, le problème se complique considérablement si l'on se propose d'estimer, à un niveau convenable de précision, la biomasse forestière excédentaire, soit la différence entre le potentiel de production de biomasse et l'utilisation actuelle et projetée de matière ligneuse par l'industrie du bois; si l'on désire obtenir ces estimations en termes pratiques et économiques et si l'on veut scruter quelque peu les conflits

possibles entre les utilisations traditionnelles et nouvelles de la biomasse forestière.

La présente étude porte sur de tels objectifs et retient plus précisément, pour l'ensemble de la forêt du Québec, les buts suivants:

a. Estimer le potentiel de production de biomasse forestière et ventiler les quantités obtenues selon les groupes d'essences et les catégories de produits: arbres entiers non marchands, troncs marchands sans écorce, branches, cimes, écorce, souches, sciures, copeaux de rabotage.
b. Déterminer l'utilisation présente et projetée de tels produits par l'industrie du bois.
c. Etablir à l'aide des données précédentes la biomasse forestière excédentaire, par groupe d'essences et catégorie de produit.
d. Déterminer la biomasse excédentaire selon son origine: résidus de coupe, résidus d'usinage, biomasse des arbres marchands non exploités et des tiges non marchandes, biomasse des plantations énergétiques.
e. Fournir les estimations précédentes pour deux niveaux d'aménagement, soit un niveau extensif et un niveau intensif.
f. Exprimer ce potentiel de biomasse en termes pratiques et économiques.
g. Examiner, par catégorie et produit, les conflits possibles entre les utilisations actuelles et nouvelles de la biomasse forestière et suggérer, le cas échéant, les moyens de réduire ces conflits d'utilisation.
h. Faire, pour la prochaine décennie, des recommandations générales relatives à l'utilisation de la biomasse forestière excédentaire.

3. METHODOLOGIE RETENUE

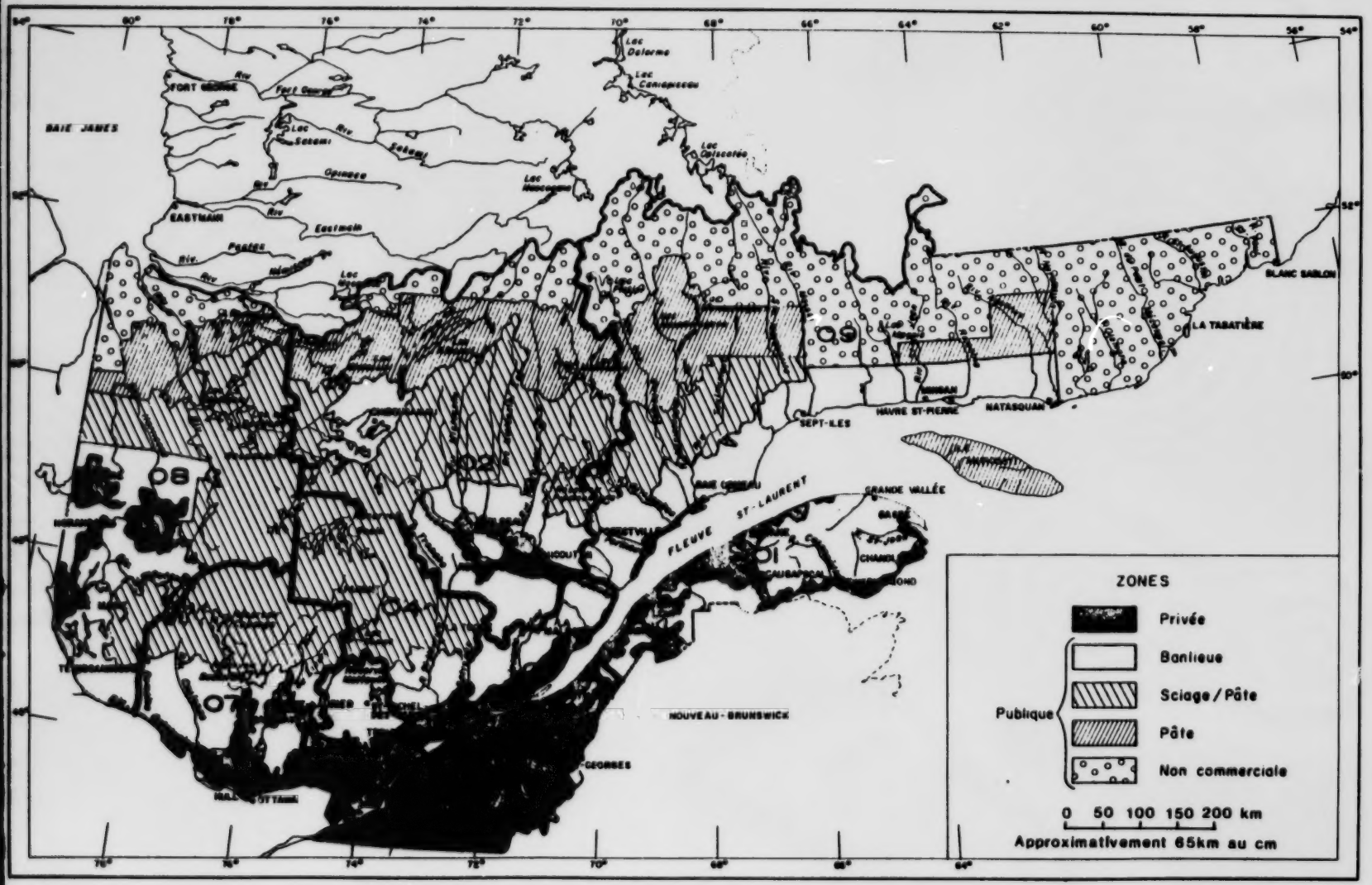
Afin d'atteindre ces divers objectifs, on a d'abord consulté les documents disponibles sur ce sujet, principalement au gouvernement du Québec, chez les syndicats de producteurs de bois et dans l'industrie forestière. On a ensuite déterminé, sur la base de ces connaissances, une méthodologie précise permettant d'atteindre les buts recherchés. Cette méthodologie est résumée aux paragraphes suivants.

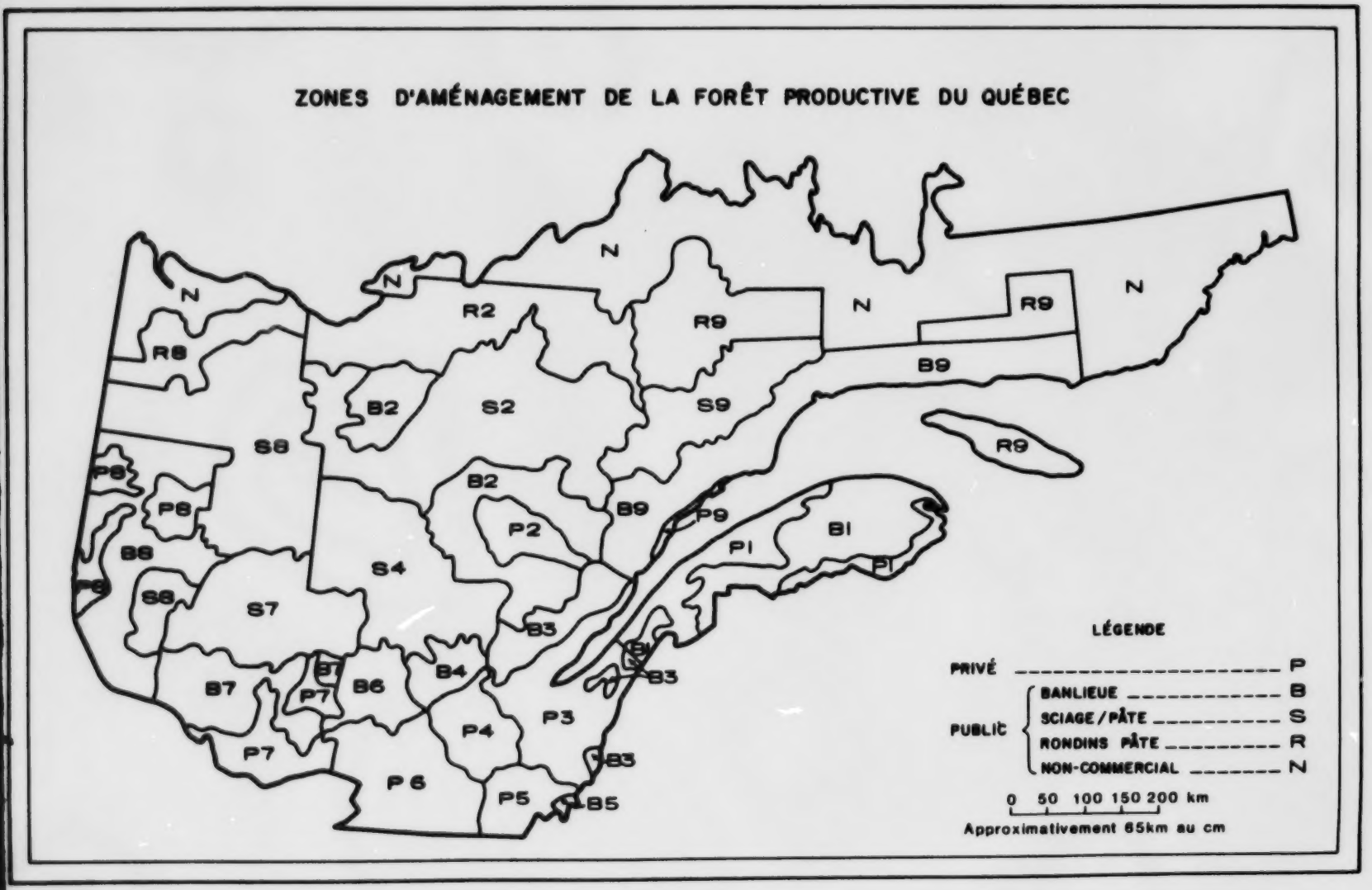
3.1 Subdivision du territoire

Avec ces quelques 500,000 kilomètre carrés de forêt productive et accessible, le Québec forestier représente un immense territoire, presque deux fois plus vaste que celui de la Suède. Pour qu'il se prête à l'analyse économique des disponibilités de biomasse, on doit donc le subdiviser en unités d'étude. On a retenu, pour ce faire, les neuf régions administratives du gouvernement du Québec. On y a, de plus, superposé quatre grandes zones socio-économiques officiellement reconnues par ce même gouvernement:

- La forêt privée, située dans la partie méridionale du Québec;
- La forêt publique dite de banlieue, adjacente à la forêt privée et dont la ligne de démarcation se situe à une soixantaine de kilomètres des villes de 3,000 habitants et plus ou à une trentaine de kilomètres des villages les plus reculés. L'ensemble de la forêt privée et de la forêt publique de banlieue, connu sous le nom de forêt habitée, offre de nombreux avantages: potentiel de production forestière le plus élevé au Québec, proximité des usines consommatrices de bois, excellente infrastructure, main-d'oeuvre forestière abondante, possibilités pour cette main-d'oeuvre de profiter des avantages d'une vie sociale et familiale normale, possibilités également d'enrayer, sur la base d'un programme rationnel d'aménagement forestier, l'exode rural, de former des sylviculteurs professionnels et de s'assurer pour l'avenir une main-d'oeuvre suffisante et qualifiée;
- La forêt publique du centre forestier du Québec, propre aux grandes exploitations de bois de sciage et à pâte;
- La forêt publique de l'extrême nord, qui se prête essentiellement à l'exploitation de bois à pâte en raison de la faible taille des arbres qui constituent les peuplements de cette zone.

Les cartes des pages quatre et cinq montrent cette subdivision territoriale. On obtient ainsi 26 unités d'étude pour lesquelles des données précises de biomasse forestière seront fournies.


BAIE JAMES
FORT GEORGE
EASTMAIN
Lac Caniapiscau
Lac Delorme
Lac Cassiopée
Lac Mistassini
Lac Albanel
Lac Péribonka
Lac St-Jean
Rivière Saguenay
Rivière Péribonka
Rivière Manicouagan
Rivière Outardes
Rivière Betsiamites
Rivière Ste-Marguerite
Rivière Moisie
Rivière Natashquan
Rivière Romaine
Rivière Eastmain
Rivière Opinaca
Rivière Rupert
Rivière Nottaway
Rivière Harricana
Rivière Broadback
Rivière Gatineau
Rivière Ottawa
Rivière St-Maurice
Rivière Bonaventure
Rivière Matapédia
Rivière Restigouche
Rivière Ste-Anne
Rivière Portneuf
Rivière Jacques-Cartier
Rivière Batiscan
Rivière Chicoutimi
Rivière Ste-Marguerite
Rivière Mistassibi
Rivière Peribonka
Rivière Ashuapmushuan
Rivière Mistassini
Rivière Nottaway
Rivière Broadback
Rivière Rupert
Rivière Eastmain
Rivière Opinaca
Rivière Caniapiscau
Rivière Koksoak
Rivière George
Rivière Romaine
Rivière Moisie
Rivière Natashquan
Rivière Ste-Marguerite
Rivière Betsiamites
Rivière Outardes
Rivière Manicouagan
Rivière Péribonka
Rivière Saguenay
Rivière Ottawa
Rivière Gatineau


ZONES D'AMÉNAGEMENT DE LA FORÊT PRODUCTIVE DU QUÉBEC
N
R2
R9
R8
B2
S2
S9
S8
P8
B9
P9
P2
B1
P1
S4
S6
S7
B3
B7
P7
B6
B4
P4
P3
P6
P5
B5
LÉGENDE
PRIVÉ P
PUBLIC
BANLIEUE B
SCIAGE / PÂTE S
RONDINS PÂTE R
NON-COMMERCIAL N
0 50 100 150 200 km
Approximativement 65km au cm

3.2 Données forestières fondamentales

Les données forestières fondamentales se rapportent à trois éléments principaux:

- Les stocks marchands sur pied par groupe d'essences, à partir desquels on calculera la possibilité de chaque unité d'étude.
- La récolte actuelle par groupe d'essences et unité d'étude permettant d'établir, par différence avec la possibilité de coupe, les disponibilités de volumes marchands.
- Les facteurs de biomasse qui, appliqués aux volumes de récolte et aux disponibilités de volumes marchands, permettront d'estimer les quantités brutes (sans tenir compte des résidus d'usinage) de biomasse excédentaire par unité d'étude, groupe d'essences et catégorie de produits.

En ce qui concerne les stocks marchands sur pied et les facteurs de biomasse, les données proviennent du Ministère de l'Energie et des Ressources (MER) qui a préparé, en 1978, des tarifs de cubage d'arbres entiers pour les principales essences résineuses et feuillues du Québec. Ces tarifs furent ensuite appliqués aux volumes marchands de la forêt productive de la province qu'on divisa, au préalable, en 112 blocs de compilation. Ces données ont été regroupées afin qu'elles correspondent aux 26 unités d'étude retenues dans le présent travail, comblant au besoin, à l'aide des chiffres de l'inventaire décennal, les parties de territoire pour lesquelles l'information manquait (principalement la rive sud du St-Laurent, en amont de Ste-Anne de la Pocatière). Pour les fins du calcul de la possibilité, on a ventilé l'information en trois grands types de peuplement, soit: les peuplements résineux ou mélangés à tendance résineuse (R + M (R)) contenant 50% ou plus d'essences résineuses; les peuplements à feuillus tolérants et mélangés à tendance feuillus tolérants (F1 + M (F1)), contenant 50% ou plus de feuillus tolérants; les peuplements à feuillus intolérants et mélangés à tendance feuillus intolérants (F2 + M (F2)), contenant 50% ou plus de feuillus intolérants.

Ce travail s'est fait à l'aide d'un programme-ordinateur construit spécifiquement pour ce projet. Les résultats détaillés des compilations sont présentés à l'annexe 3, alors que l'on trouvera à la page 8

un exemple des données que contient chacune des pages de l'annexe 3.

3.3 Calcul de la possibilité

Pour les fins du calcul de la possibilité de chacune des unités d'étude, on a d'abord déterminé le stock marchand pour trois grands groupes d'essences:

r1 = épinette, sapin et pin gris
r2 = autres résineux
f = feuillus,

puis on a effectué les calculs en fonction des trois grands types de peuplements décrits au paragraphe 3.2.

i. Peuplements feuillus

Pour les peuplements F1 + M (F1), on a posé l'hypothèse que la possibilité nette était égale à 1.1% du stock marchand, alors qu'on a retenu un taux de croissance de 1.7% pour les peuplements F2 + M (F2). La possibilité ainsi obtenue a été répartie par groupe d'essences r1, r2 et f en fonction de la proportion du stock marchand actuel de ces groupes.

ii. Peuplements résineux

Pour les peuplements R + M (R), on a d'abord posé l'hypothèse que la possibilité du sapin, de l'épinette et du pin gris (r1) était égale à la récolte. Bien que cette hypothèse puisse être contestable en ce qui concerne la possibilité réelle des diverses unités d'étude, elle demeure fort réaliste dans le contexte du présent travail puisque:

- La possibilité réelle de ces essences est effectivement égale à la récolte de ces mêmes essences dans la plupart des unités du sud du Québec;
- La récolte de ces essences, qu'elle soit en deçà ou au-delà de la possibilité réelle de certaines unités, constitue l'élément de base servant à déterminer les quantités de résidus d'exploitation disponibles au cours des prochaines cinq années.

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

VOLUME COMPRIS DANS LES TRONCS,BRANCHES,HOUPPIERS ET LES TIGES NON MARCHANDES (1000 M.CU.)

BLOC12 REGION11 Z.AMENAG.:PRIVE 47 (unité de gestion - forêt privée)

	RESINEUX,MELANGES (R)					FEUILLUS,MELANGES (F) *					GRAND TOTAL				
ESS.	TRONCS S.E.	ECORCE DU TRONC	BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL	TRONCS S.E.	ECORCE DU TRONC	BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL	TRONCS S.E.	ECORCE DU TRONC	BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL
SAP,EP	2510	301	397	400	3608	275	33	43	45	395	2784	334	441	445	4004
PIG	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
PIB	3	0	1	0	4	0	0	0	0	0	4	0	1	0	5
THO	511	61	67	122	761	56	7	7	14	83	567	68	74	135	844
PRU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MEL	20	2	3	3	28	2	0	0	0	3	22	3	3	4	31
AR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T.RES	3046	365	467	526	4404	333	40	51	58	483	3379	405	518	584	4886
BOP	160	19	40	107	326	111	13	29	56	209	271	33	69	162	534
BOJ	45	5	12	14	76	31	4	9	7	51	77	9	21	21	127
PE	652	78	117	113	961	452	54	85	59	650	1104	132	203	172	1611
ERS	134	16	41	61	253	93	11	30	32	166	228	27	71	93	419
ERR	83	10	34	70	197	57	7	25	37	126	140	17	58	107	322
HEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
TIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AF	28	3	11	18	61	19	2	8	10	39	48	6	19	28	100
T.FEU	1104	132	255	383	1875	765	92	186	200	1242	1869	224	441	583	3117
TOTAL	4149	498	722	909	6278	1098	132	237	258	1725	5247	630	959	1167	8003

* Ventilation des peuplements feuillus, mélangés (F)

	ESSENCES RESINEUSES					ESSENCES FEUILLUES					TOTAL				
PEUPL.**	TRONCS S.E.	ECORCE DU TRONC	BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL	TRONCS S.E.	ECORCE DU TRONC	BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL	TRONCS S.E.	ECORCE DU TRONC	BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL
FM(1)	39	5	4	2	50	150	18	40	31	239	189	23	45	33	289
FM(2)	294	36	47	56	432	615	74	145	169	1003	909	109	192	225	1435
TOTAL	333	40	51	58	483	765	92	186	200	1242	1098	132	237	258	1725

** (1) FEUILLUS,MELANGES (F) TOLERANTS
(2) FEUILLUS,MELANGES (F) INTOLERANTS

Il est à remarquer que la même hypothèse n'aurait pas été valable dans le cas des peuplements feuillus puisque ceux-ci représentent souvent de grands massifs forestiers dégradés, se trouvant dans le sud du Québec, donc propres à produire de la biomasse immédiatement. Il en va autrement de la possibilité résineuse inexploitée des unités nordiques qui ne représenteront un certain potentiel de biomasse (sous forme de résidus d'exploitation) que le jour où cette possibilité sera récoltée en vue de la production de biens traditionnels (pâtes et papiers, sciage).

Donc, la possibilité du groupe r1 a été estimée comme suit dans les trois grands types de peuplements retenus:

. Possibilité de r1 dans F1 + M (F1) = P1r1 = 1.1% du stock
. " " " " F2 + M (F2) = P2r1 = 1.7% du stock
. " " " " R + M (R) = Récolte de r1 - (P1r1 + P2r1)

En ce qui concerne la possibilité des autres résineux (groupe r2) et des feuillus (groupe f) des peuplements résineux et mélangés à tendance résineuse, elle a été déterminée comme suit:

- Possibilité r2 = $\frac{\text{Stock actuel r2}}{\text{Stock actuel r1}}$ X possibilité r1
- Possibilité f = $\frac{\text{Stock actuel f}}{\text{Stock actuel r1}}$ X possibilité r1

3.4 Récolte actuelle

Les sources permettant d'estimer la récolte actuelle proviennent du Ministère de l'Energie et des Ressources (MER) et de la Fédération des Producteurs de Bois du Québec. Ces données sont disponibles pour les trois groupes d'essences retenus, soit r1, r2 et f.

3.5 Disponibilité de volumes marchands

La disponibilité de volumes marchands par unité d'étude découle de la différence entre la possibilité et la récolte. Il va de soi qu'en raison de l'hypothèse posée (récolte = possibilité), il n'existe aucune disponibilité de sapin, d'épinette et de pin gris.

3.6 Facteurs de biomasse et exemple d'utilisation

Les facteurs de biomasse retenus dans cette étude proviennent essentiellement des données du MER, mais ont été ventilés, regroupés et complétés tel que décrit au paragraphe 3.2. Ces facteurs ont été établis comme suit:

FACTEURS	BUT	METHODE D'ESTIMATION
B1 et B2	Estimer, à partir de la récolte et de la disponibilité des arbres marchands, le volume de tiges non marchandes (2.5 cm < DHP < 10 cm)	$B1 = \frac{\text{Stock résineux } \emptyset < 10 \text{ cm}}{\text{Stock total } \emptyset \geq 10 \text{ cm, s.é.}}$ $B2 = \frac{\text{Stock feuillus } \emptyset < 10 \text{ cm}}{\text{Stock total } \emptyset \geq 10 \text{ cm, s.é.}}$
B3 et B4	Estimer, à partir de la récolte et de la disponibilité des arbres marchands, le volume de branches et houppiers de ces mêmes arbres	$B3 = \frac{\text{Volume brances \& houppiers résineux a.é.}}{\text{Volume marchand rés., s.é.}}$ $B4 = \frac{\text{Volume branches \& houppiers feuillus a.é.}}{\text{Volume marchand feuil., s.é.}}$
B5	Estimer le volume d'écorce des troncs marchands s.é. disponibles	B5 = 12% du volume marchand s.é.

A titre d'exemple de l'utilisation de ces divers facteurs, on retient les données de la région 01, zone de la forêt privée; qui apparaissent à la page 11.

EXEMPLE D'UTILISATION DES FACTEURS DE BIOMASSE

1000 m^3

	RECOLTE		DISPONIBILITE		TOTAL	
	RESINEUX	FEUILLUS	RESINEUX	FEUILLUS	RESINEUX	FEUILLUS
Volume marchand s.é.	891.6	276.6	150.1	246.2	1,564.5	
Facteur de biomasse	B3 = .140	B4 = .236	B3 = .140	B4 = .236	B1 = .096	B2 = .065
Volume de biomasse*	124.8	65.3	21.0	58.1	150.2	101.7
	Branches & houppiers a.é. résineux	Branches & houppiers a.é. feuillus	Branches & houppiers a.é. résineux	Branches & houppiers a.é. feuillus	Tiges non marchandes résineuses	Tiges non marchandes feuillues

Ecorce des résineux disponibles = 150.1 X .12 = 18.0 (1000 m^3)

Ecorce des feuillus disponibles = 246.2 X .12 = 29.5 (1000 m^3)

*Le volume total de biomasse s'obtient par l'application des différents facteurs de biomasse aux volumes marchands s.é. Dans l'exemple présent, le volume total de biomasse est égal à 568,600 m^3, soit l'addition de toutes les composantes, y compris les écorces.

3.7 Densité des essences

En vue d'exprimer les quantités de biomasse excédentaire en tonnes métriques anhydres, on a utilisé les densités moyennes suivantes par grandes zones d'aménagement:

ZONE D'AMENAGEMENT	GROUPE D'ESSENCES	
	RESINEUX	FEUILLUS
Privée	.33	.54
Publique, banlieue	.35	.56
" sciage	.39	.52
" pâte	.40	.50

3.8 Equivalent énergétique et valeur monétaire

Afin de fixer les idées sur l'importance de la biomasse forestière excédentaire, il est utile d'exprimer les résultats en termes d'équivalent énergétique et de valeur monétaire. On a retenu pour ce faire un équivalent de 225 litres d'huile no 2 par tonne métrique anhydre, ce qui suppose une taux d'humidité du bois de 45%, un taux d'efficacité de la biomasse, lors de la conversion, de 65% et un taux d'efficacité de l'huile, lors de la conversion, de 85%. En utilisant un prix de $0.25 le litre, la tonne métrique anhydre de matière ligneuse vaut donc, en termes d'huile no 2, $56.25, ce qui correspond très bien aux résultats d'études antérieures sur le sujet.

3.9 Résidus d'usinage

Les étapes précédentes permettent d'estimer la biomasse disponible en forêt seulement. Aux quantités ainsi déterminées viennent s'ajouter les résidus d'usinage disponibles sous forme d'écorce, de sciures et de copeaux de rabotage. Afin de déterminer les quantités présentement produites et utilisées, de même que celles que l'on se propose de produire et d'utiliser d'ici les prochains cinq ans, on a consulté sans aucune exception les personnes compétentes de chaque usine de pâtes et papiers et de chaque usine de déroulage ou sciage dont la production annuelle est égale ou supérieure à 35,000 m^3 (15 millions de pmp). Par simple extrapolation, on a pu obtenir les disponibilités

des usines de petites dimensions, qui n'ont pas été consultées. Au cours de cette même enquête, on a également déterminé les volumes actuels et futurs de bois récolté servant à des utilisations industrielles comme les pâtes et papiers, les agglomérés et la sidérurgie.

Suite à ces calculs et à cette enquête, il est possible de préciser par région administrative et, le cas échéant, par zone d'aménagement, les disponibilités actuelles nettes de biomasse forestière en fonction de l'origine de cette biomasse (résidus de coupe, essences et tiges non exploitées, résidus d'usinage) et des catégories de produit par groupe d'essences (troncs marchands, tiges non marchandes, branches et houppiers, écorce, sciure et copeaux de rabotage).

3.10 Prévisions de l'utilisation de la biomasse forestière

L'enquête précédente a non seulement servi à faire le point sur les disponibilités actuelles de biomasse mais également à prévoir l'utilisation de cette biomasse d'ici les cinq prochaines années et à dégager certaines tendances pour la prochaine décennie. De telles prévisions permettent de quantifier l'importance du recours à la biomasse excédentaire en vue de diverses fins et d'identifier, le cas échéant, les situations conflictuelles lors d'une telle utilisation.

4. RESULTATS DE L'ETUDE

Les résultats détaillés de cette étude étant fort volumineux, ils sont reportés à l'annexe 3. On se contentera, dans le cadre de ce travail, de présenter un résumé complet des principaux résultats obtenus. Les valeurs de possibilité, récolte et disponibilité sont toujours exprimées sur une base annuelle.

4.1 Possibilité, récolte et disponibilités de troncs marchands s.é.

On présente, au tableau 1, les données relatives à la possibilité, à la récolte et aux disponibilités de troncs marchands sans écorce. Soulignons que les données de ce tableau, de même que les facteurs de biomasse, déterminés de la façon déjà décrite, constituent les principaux "inputs" servant à estimer les quantités de biomasse annuellement disponibles en

forêt, selon les unités d'étude et les catégories de produit retenues.

On peut noter, à partir des données du tableau 1, que:

- La possibilité sous aménagement extensif de l'ensemble du Québec, telle que calculée dans ce travail, est de 47,099,000 m^3 (environ 16 millions de cunits), ce qui correspond assez bien aux données officielles du MER (environ 15 millions de cunits).
- La possibilité de la forêt privée est de 9,180,000 m^3, ou 19% du total, ce qui encore une fois est conforme aux données du MER.
- La possibilité de la forêt habitée (forêt privée et publique banlieue) représente près de 60% du total; soit 27,127,000 m^3.
- Les disponibilités de troncs marchands se chiffrent, pour l'ensemble du Québec, a 13,656,000 mètre cubes, dont 84% sont constitués d'essences feuillues.
- La forêt habitée représente 68% de la disponibilité de troncs marchands.
- Les régions 07 et 08 comportent à elles seules 43% des disponibilités totales de troncs marchands.

4.2 Biomasse excédentaire disponible en forêt

La banque de données qui a servi à calculer la possibilité et les facteurs de biomasse des diverses unités d'étude a également été utilisée pour estimer la biomasse excédentaire disponible en forêt dans chacune de ces unités (ou zones d'aménagement). Les résultats de ces calculs sont indiqués aux tableaux 2 à 6:

Tableau 2 - Volume de biomasse disponible en 1000 m^3
Tableau 3 - Poids de biomasse disponible en 1000 tonnes métriques anhydres
Tableau 4 - Equivalent énergétique de la biomasse disponible
Tableau 5 - Valeur monétaire de la biomasse disponible
Tableau 6 - Facteurs de biomasse

Tableau 1

POSSIBILITE, RECOLTE ET DISPONIBILITES DE TRONCS MARCHANDS S.E.

REGION	PRIVEE		BANLIEUE		SCIAGE		PATE		TOUTES		TOTAL	%
	RES.	FEUIL.	RES.	FEUIL.	RES.	FEUIL.	RES.	FEUIL.	RES.	FEUIL.		
	POSSIBILITE (1000 m^3)											
01	1,042	523	3,140	562	-	-	-	-	4,182	1,085	5,267	11.2
02	359	247	1,983	648	6,009	890	51	92	8,402	1,877	10,279	21.8
03	1,262	922	939	355	-	-	-	-	2,201	1,277	3,478	7.4
04	446	557	571	327	1,804	1,065	-	-	2,821	1,949	4,770	10.1
05	462	429	3	42	-	-	-	-	465	471	936	2.0
06	462	836	1,032	842	-	-	-	-	1,494	1,678	3,172	6.7
07	509	763	676	1,436	1,155	934	-	-	2,340	3,133	5,473	11.6
08	60	118	2,926	1,588	4,570	1,208	26	40	7,582	2,954	10,536	22.4
09	139	44	672	205	1,808	228	27	65	2,646	542	3,188	6.8
TOTAL	4,741	4,439	11,942	6,005	15,346	4,325	104	197	32,133	14,966	47,099	100.0
%	10.1	9.3	25.4	12.8	32.6	9.2	0.2	0.4	68.3	31.7	100.0	
	RECOLTE (1000 m^3)											
01	892	277	3,035	254	-	-	-	-	3,927	531	4,458	13.3
02	331	60	1,979	61	5,992	68	-	-	8,302	189	8,491	25.4
03	1,121	264	931	99	-	-	-	-	2,052	363	2,415	7.2
04	315	88	565	106	1,786	86	-	-	2,666	280	2,946	8.8
05	293	198	3	12	-	-	-	-	296	210	506	1.5
06	236	382	916	223	-	-	-	-	1,152	605	1,757	5.2
07	250	354	525	496	1,112	91	-	-	1,887	941	2,828	8.5
08	58	30	2,447	218	4,516	107	-	-	7,021	355	7,376	22.1
09	133	11	669	13	1,807	6	27	-	2,636	30	2,666	8.0
TOTAL	3,629	1,664	11,070	1,482	15,213	358	27	-	29,939	3,504	33,443	100.0
%	10.9	5.0	33.1	4.4	45.4	1.1	0.1	-	89.5	10.5	100.0	
	DISPONIBILITES (1000 m^3)											
01	150	246	105	308	-	-	-	-	255	554	809	5.9
02	28	187	4	587	17	822	51	92	100	1,688	1,788	13.1
03	141	658	8	256	-	-	-	-	149	914	1,063	7.8
04	131	469	6	221	18	979	-	-	155	1,669	1,824	13.4
05	169	231	-	30	-	-	-	-	169	261	430	3.1
06	226	454	116	619	-	-	-	-	342	1,073	1,415	10.4
07	259	409	151	940	43	843	-	-	453	2,192	2,645	19.4
08	2	88	479	1,370	54	1,101	26	40	561	2,599	3,160	23.1
09	6	33	3	192	1	222	-	65	10	512	522	3.8
TOTAL	1,112	2,775	872	4,523	133	3,967	77	197	2,194	11,462	13,656	100.0
%	8.1	20.3	6.4	33.1	1.0	29.1	0.6	1.4	16.1	83.9	100.0	

Tableau 2

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

VOLUME DE BIOMASSE DISPONIBLE ANNUELLEMENT (1000 METRES CUBES)

ZONE AMENAG.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. A.E. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS TRONCS S.E.	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS ECORCE DU TRONC	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL
P1	125.1	65.2	150.1	18.0	21.1	246.2	29.5	58.0	275.5	318.8	396.3	47.6	269.4	594.3	1307.5
B1	391.9	53.9	105.7	12.7	13.6	307.6	36.9	65.2	645.0	652.7	413.3	49.6	524.6	1297.6	2285.1
P2	59.4	12.8	28.5	3.4	5.1	187.6	22.5	40.1	154.2	184.0	216.1	25.9	117.5	338.2	697.7
B2	287.6	11.6	4.3	0.5	0.6	587.1	70.5	110.9	497.8	341.8	591.4	71.0	410.7	839.6	1912.6
S2	886.0	12.5	17.3	2.1	2.6	822.4	98.7	152.7	980.0	353.0	839.7	100.8	1053.8	1333.0	3327.2
R2			50.6	6.1	6.4	92.4	11.1	17.8	26.5	20.8	143.0	17.2	24.2	47.3	231.7
P3	128.2	57.4	140.7	16.9	16.1	657.4	78.9	142.8	240.2	243.1	798.1	95.8	344.5	483.2	1721.6
B3	125.0	20.5	8.3	1.0	1.1	255.4	30.6	52.6	284.1	137.1	263.7	31.6	199.1	421.2	915.6
P4	37.3	23.2	131.2	15.7	15.5	468.6	56.2	123.0	111.6	149.6	599.8	72.0	199.0	261.2	1132.0
B4	39.1	21.5	6.1	0.7	0.4	221.1	26.5	45.1	78.1	69.8	227.2	27.3	106.1	147.9	508.5
S4	246.2	16.0	18.8	2.3	2.6	978.7	117.4	181.8	465.3	213.5	997.5	119.7	446.7	678.8	2242.7
P5	23.0	46.4	168.7	20.2	13.2	230.6	27.7	54.1	21.2	70.0	399.3	47.9	136.7	91.2	675.1
B5	0.3	2.5				29.7	3.6	6.0	2.8	3.1	29.7	3.6	8.8	5.8	47.8
P6	24.0	87.0	226.7	27.2	23.1	453.8	54.5	103.3	105.2	167.7	680.5	81.7	237.3	272.9	1272.4
B6	96.1	44.4	116.0	13.9	12.2	618.6	74.2	122.8	155.5	137.1	734.6	88.2	275.5	292.5	1390.8
P7	28.7	79.1	258.9	31.1	29.7	409.8	49.2	91.7	115.2	175.5	668.7	80.2	229.2	290.7	1268.9
B7	49.6	96.1	151.7	18.2	14.3	940.4	112.8	182.3	125.8	123.5	1092.1	131.1	342.3	249.3	1814.8
S7	132.3	16.7	42.8	5.1	5.1	843.3	101.2	154.4	213.9	86.6	886.1	106.3	308.6	300.5	1601.5
P8	13.3	5.7	1.8	0.2	0.4	88.6	10.6	16.9	66.3	56.1	90.4	10.8	36.3	122.3	259.9
B8	349.5	40.2	479.4	57.5	68.5	1369.4	164.3	252.2	664.8	366.7	1848.8	221.9	710.4	1031.5	3812.5
S8	728.5	18.6	53.6	6.4	8.6	1100.7	132.1	191.1	893.6	280.8	1154.3	138.5	946.9	1174.4	3414.1
R8			25.9	3.1	5.3	40.0	4.8	6.5	18.1	2.3	65.9	7.9	11.7	20.4	105.9
P9	20.7	2.2	5.9	0.7	0.9	33.0	4.0	6.5	42.4	31.3	38.9	4.7	30.3	73.6	147.5
B9	87.6	2.4	2.8	0.3	0.4	192.2	23.1	35.9	181.0	110.3	195.0	23.4	126.2	291.3	636.0
S9	231.5	1.2	1.3	0.2	0.2	221.7	26.6	41.4	396.5	428.8	223.0	26.8	274.2	825.3	1349.3
R9	3.6					65.3	7.8	15.5	16.1	1.3	65.3	7.8	19.1	17.4	109.7
TOTAL 1	517.0	119.1	255.8	30.7	34.7	553.8	66.5	123.2	920.5	971.4	809.6	97.2	794.0	1891.9	3592.6
TOTAL 2	1233.1	36.9	100.7	12.1	14.7	1689.5	202.7	321.5	1658.5	899.6	1790.2	214.8	1606.1	2558.1	6169.2
TOTAL 3	253.2	77.9	149.0	17.9	17.2	912.8	109.5	195.3	524.2	380.2	1061.8	127.4	543.6	904.4	2637.3
TOTAL 4	322.6	60.7	156.1	18.7	18.6	1668.4	200.2	349.9	654.9	433.0	1824.5	218.9	751.8	1087.9	3883.1
TOTAL 5	23.3	48.9	168.7	20.2	13.2	260.3	31.2	60.0	24.0	73.1	429.0	51.5	145.5	97.0	723.0
TOTAL 6	120.1	131.3	342.7	41.1	35.2	1072.4	128.7	226.1	260.7	304.7	1415.1	169.8	512.8	565.5	2663.2
TOTAL 7	210.6	191.9	453.4	54.4	49.2	2193.5	263.2	428.4	454.9	385.6	2646.9	317.6	880.1	840.5	4685.1
TOTAL 8	1091.3	64.5	560.7	67.3	82.8	2598.7	311.8	466.8	1642.7	705.9	3159.4	379.1	1705.3	2348.5	7592.4
TOTAL 9	343.4	5.8	10.0	1.2	1.4	512.2	61.5	99.3	636.0	571.7	522.2	62.7	449.9	1207.7	2242.5
TOTAL P	459.7	379.0	1112.5	133.5	125.2	2775.6	333.1	636.5	1131.7	1396.0	3888.1	466.6	1600.3	2527.7	8482.7
TOTAL B	1426.7	292.9	874.3	104.9	111.1	4521.5	542.6	872.9	2634.7	1942.1	5395.8	647.5	2703.6	4576.8	13323.7
TOTAL S	2224.6	65.1	133.8	16.1	19.1	3966.8	476.0	721.5	2949.3	1362.6	4100.6	492.1	3030.2	4311.9	11934.7
TOTAL R	3.6		76.5	9.2	11.6	197.7	23.7	39.8	60.7	24.4	274.2	32.9	55.0	85.1	447.3
TOTAL	4114.5	737.0	2197.1	263.7	267.0	11461.6	1375.4	2270.6	6776.3	4725.2	13658.7	1639.0	7389.1	11501.5	34188.3

Tableau 3

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

POIDS DE BIOMASSE DISPONIBLE ANNUELLEMENT (1000 TONNES METRIQUES ANHYDRES)

ZONE AMENAG.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS TRONCS S.E.	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS ECORCE DU TRONC	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TOTAL,RESINEUX ET FEUILLUS TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL
P1	41.3	35.2	49.5	5.9	7.0	132.9	16.0	31.3	90.9	172.1	182.5	21.9	114.8	263.1	582.2
B1	137.2	30.2	37.0	4.4	4.8	172.3	20.7	36.5	225.7	365.5	209.3	25.1	208.6	591.2	1034.2
P2	19.6	6.9	9.4	1.1	1.7	101.3	12.2	21.7	50.9	99.4	110.7	13.3	49.9	150.3	324.1
B2	100.7	6.5	1.5	0.2	0.2	328.8	39.5	62.1	174.2	191.4	330.3	39.6	169.5	365.6	905.0
S2	345.5	6.5	6.7	0.8	1.0	427.6	51.3	79.4	382.2	183.6	434.4	52.1	432.4	565.7	1484.7
R2			20.2	2.4	2.5	46.2	5.5	8.9	10.6	10.4	66.4	8.0	11.5	21.0	106.9
P3	42.3	31.0	46.4	5.6	5.3	355.0	42.6	77.1	79.3	131.3	401.4	48.2	155.7	210.5	815.8
B3	43.7	11.5	2.9	0.3	0.4	143.0	17.2	29.4	99.4	76.8	145.9	17.5	85.0	176.2	424.7
P4	12.3	12.5	43.3	5.2	5.1	253.0	30.4	66.4	36.8	80.8	296.3	35.6	96.4	117.6	545.9
B4	13.7	12.1	2.1	0.3	0.1	123.8	14.9	25.2	27.3	39.1	126.0	15.1	51.1	66.4	258.6
S4	96.0	8.3	7.3	0.9	1.0	508.9	61.1	94.6	181.5	111.0	516.3	62.0	199.9	292.5	1070.6
P5	7.6	25.1	55.7	6.7	4.4	124.5	14.9	29.2	7.0	37.8	180.2	21.6	66.2	44.8	312.8
B5	0.1	1.4				16.6	2.0	3.4	1.0	1.7	16.6	2.0	4.8	2.7	26.2
P6	7.9	47.0	74.8	9.0	7.6	245.1	29.4	55.8	34.7	90.5	319.9	38.4	118.3	125.3	601.8
B6	33.6	24.8	40.6	4.9	4.3	346.4	41.6	68.8	54.4	76.8	387.0	46.4	131.5	131.2	696.2
P7	9.5	42.7	85.4	10.3	9.8	221.3	26.6	49.5	38.0	94.8	306.7	36.8	111.5	132.8	587.9
B7	17.4	53.8	53.1	6.4	5.0	526.6	63.2	102.1	44.0	69.2	579.7	69.6	178.3	113.2	940.7
S7	51.6	8.7	16.7	2.0	2.0	438.5	52.6	80.3	83.4	45.0	455.2	54.6	142.6	128.4	780.9
P8	4.4	3.1	0.6	0.1	0.1	47.8	5.7	9.2	21.9	30.3	48.4	5.8	16.7	52.1	123.1
B8	122.3	22.5	167.8	20.1	24.0	766.9	92.0	141.3	232.7	205.4	934.7	112.2	310.0	438.0	1794.9
S8	284.1	9.7	20.9	2.5	3.4	572.4	68.7	99.4	348.5	146.0	593.3	71.2	396.6	494.5	1555.5
R8			10.4	1.2	2.1	20.0	2.4	3.2	7.2	1.1	30.4	3.6	5.3	8.4	47.7
P9	6.8	1.2	1.9	0.2	0.3	17.8	2.1	3.3	14.0	16.9	19.8	2.4	11.8	30.9	64.9
B9	30.7	1.3	1.0	0.1	0.1	107.6	12.9	20.1	63.3	61.8	108.6	13.0	52.2	125.1	299.0
S9	90.3	0.6	0.5	0.1	0.1	115.3	13.8	21.5	154.6	223.0	115.8	13.9	112.5	377.6	619.8
R9	1.4					32.6	3.9	7.7	6.4	0.7	32.6	3.9	9.2	7.1	52.9
TOTAL 1	178.5	65.4	86.5	10.4	11.7	305.2	36.6	67.8	316.6	537.6	391.7	47.0	323.4	854.3	1616.4
TOTAL 2	465.8	19.9	37.9	4.5	5.5	903.9	108.5	172.1	617.9	484.7	941.8	113.0	663.2	1102.6	2820.7
TOTAL 3	86.1	42.5	49.3	5.9	5.7	498.0	59.8	106.5	178.7	208.0	547.4	65.7	240.7	386.7	1240.5
TOTAL 4	122.0	32.9	52.8	6.3	6.3	885.8	106.3	186.2	245.6	230.9	938.5	112.6	347.4	476.5	1875.1
TOTAL 5	7.7	26.5	55.7	6.7	4.4	141.2	16.9	32.5	8.0	39.5	196.8	23.6	71.1	47.5	337.0
TOTAL 6	41.5	71.8	115.4	13.8	11.9	591.5	71.0	124.6	89.1	167.3	706.9	84.8	249.8	256.4	1297.9
TOTAL 7	78.4	105.2	155.2	18.6	16.8	1186.4	142.4	231.9	165.5	209.0	1341.7	161.0	432.4	374.4	2309.5
TOTAL 8	410.8	35.3	199.6	24.0	29.6	1407.1	168.8	253.0	610.3	382.8	1606.7	192.8	728.7	993.0	3521.2
TOTAL 9	129.2	3.2	3.4	0.4	0.5	273.4	32.8	52.9	238.4	302.3	276.8	33.2	185.7	540.7	1036.5
TOTAL P	151.7	204.7	367.1	44.1	41.3	1498.8	179.9	343.7	373.4	753.9	1865.9	223.9	741.4	1127.3	3958.5
TOTAL B	499.3	164.0	306.0	36.7	38.9	2532.0	303.8	488.8	922.1	1087.6	2838.0	340.6	1191.1	2009.7	6379.4
TOTAL S	867.6	33.8	52.2	6.3	7.4	2062.7	247.5	375.2	1150.2	708.6	2114.9	253.8	1284.0	1858.8	5511.5
TOTAL R	1.4		30.6	3.7	4.6	98.8	11.9	19.9	24.3	12.2	129.4	15.5	26.0	36.5	207.5
TOTAL	1520.1	402.5	755.9	90.7	92.3	6192.4	743.1	1227.6	2470.1	2562.2	6948.4	833.8	3242.4	5032.3	16056.7

Tableau 4

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DAVEAU GREGNIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

EQUIVALENT ENERGETIQUE DE LA BIOMASSE DISPONIBLE (MILLIONS DE LITRES DE PETROLE)

ZONE AMENAG.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX ECORCE DU TRONC	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	ESSENCES NON EXPLOITEES FEUILLUS TRONCS S.E.	ESSENCES NON EXPLOITEES FEUILLUS ECORCE DU TRONC	ESSENCES NON EXPLOITEES FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS TRONCS S.E.	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS ECORCE DU TRONC	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL
P1	9.29	7.92	11.14	1.34	1.56	29.91	3.59	7.05	20.46	38.73	41.06	4.93	25.82	59.19	131.00
B1	30.86	6.79	8.32	1.00	1.08	38.76	4.65	8.21	50.79	82.23	47.08	5.65	46.94	133.02	232.69
P2	4.41	1.55	2.12	0.25	0.38	22.79	2.74	4.88	11.45	22.36	24.91	2.99	11.22	33.81	72.93
B2	22.65	1.46	0.34	0.04	0.05	73.97	8.88	13.97	39.20	43.06	74.31	8.92	38.13	82.26	203.62
S2	77.75	1.47	1.52	0.18	0.22	96.22	11.55	17.86	85.99	41.30	97.74	11.73	97.30	127.29	334.06
R2			4.55	0.55	0.57	10.39	1.25	2.01	2.37	2.34	14.95	1.79	2.58	4.73	24.05
P3	9.52	6.97	10.45	1.25	1.19	79.87	9.58	17.35	17.83	29.53	90.32	10.84	35.04	47.36	183.56
B3	9.84	2.58	0.65	0.08	0.09	32.18	3.86	6.62	22.37	17.28	32.83	3.94	19.13	39.65	95.55
P4	2.77	2.82	9.74	1.17	1.15	56.93	6.83	14.94	8.28	18.18	66.68	8.00	21.68	26.47	122.82
B4	3.08	2.71	0.48	0.06	0.03	27.86	3.34	5.68	6.15	8.80	28.34	3.40	11.51	14.95	58.19
S4	21.61	1.87	1.65	0.20	0.23	114.51	13.74	21.28	40.83	24.98	116.16	13.94	44.98	65.81	240.89
P5	1.71	5.64	12.53	1.50	0.98	28.02	3.36	6.57	1.57	8.51	40.54	4.87	14.99	10.08	70.39
B5	0.02	0.31				3.74	0.45	0.75	0.22	0.39	3.74	0.45	1.07	0.60	5.88
P6	1.78	10.57	16.83	2.02	1.71	55.14	6.62	12.55	7.81	20.37	71.97	8.64	26.61	28.19	135.40
B6	7.57	5.59	9.13	1.10	0.96	77.94	9.35	15.48	12.24	17.27	87.08	10.45	29.59	29.51	156.64
P7	2.13	9.61	19.22	2.31	2.21	49.79	5.97	11.14	8.55	21.33	69.01	8.28	25.07	29.88	132.27
B7	3.91	12.11	11.95	1.43	1.13	118.49	14.22	22.97	9.91	15.57	130.44	15.65	40.11	25.47	211.67
S7	11.61	1.95	3.76	0.45	0.45	98.67	11.84	18.07	18.77	10.13	102.42	12.29	32.08	28.70	175.69
P8	0.99	0.69	0.13	0.02	0.03	10.76	1.29	2.06	4.92	6.81	10.90	1.31	3.77	11.73	27.70
B8	27.52	5.06	37.75	4.53	5.39	172.54	20.71	31.78	52.35	46.21	210.30	25.24	69.76	98.56	403.85
S8	63.93	2.18	4.70	0.56	0.76	128.78	15.45	23.36	78.41	32.85	133.49	16.02	89.23	111.26	349.99
R8			2.33	0.28	0.47	4.50	0.54	0.73	1.63	0.26	6.83	0.82	1.20	1.89	10.73
P9	1.53	0.27	0.44	0.05	0.07	4.01	0.48	0.79	3.15	3.80	4.45	0.53	2.67	6.95	14.59
B9	6.90	0.30	0.22	0.03	0.03	24.22	2.91	4.52	14.25	13.90	24.44	2.93	11.75	28.16	67.27
S9	20.31	0.14	0.11	0.01	0.01	25.94	3.11	4.85	34.80	50.17	26.05	3.13	25.31	84.96	139.45
R9	0.33					7.35	0.88	1.74	1.45	0.15	7.35	0.88	2.07	1.60	11.87
TOTAL 1	40.15	14.71	19.47	2.34	2.64	68.67	8.24	15.26	71.25	120.97	88.14	10.58	72.76	122.21	383.67
TOTAL 2	104.81	4.48	8.53	1.02	1.23	203.38	24.41	38.72	139.03	109.06	211.91	25.43	149.23	248.09	634.66
TOTAL 3	19.36	9.55	11.10	1.33	1.28	112.05	13.45	23.97	40.20	46.81	123.16	14.78	54.17	87.01	279.11
TOTAL 4	27.45	7.40	11.87	1.42	1.42	199.30	23.92	41.90	55.26	51.96	211.17	25.34	78.17	107.22	421.90
TOTAL 5	1.73	5.95	12.53	1.50	0.98	31.76	3.81	7.32	1.79	8.89	44.29	5.31	15.99	10.68	76.27
TOTAL 6	9.35	16.16	25.97	3.12	2.67	133.08	15.97	28.03	20.06	37.64	159.05	19.09	56.20	57.70	292.04
TOTAL 7	17.65	23.67	34.93	4.19	3.78	266.95	32.03	52.18	37.23	47.02	301.87	36.22	97.28	84.25	519.63
TOTAL 8	92.44	7.93	44.92	5.39	6.65	316.59	37.99	56.93	137.31	86.13	361.51	43.38	163.95	223.44	792.28
TOTAL 9	29.07	0.71	0.77	0.09	0.11	61.51	7.38	11.90	53.65	68.02	62.28	7.47	41.79	121.66	233.21
TOTAL P	34.13	46.05	82.60	9.91	9.29	337.24	40.47	77.33	84.03	169.62	419.84	50.38	166.80	253.64	890.67
TOTAL B	112.35	36.90	68.85	8.26	8.75	569.71	68.37	109.99	207.48	244.70	638.56	76.63	267.99	452.18	1435.37
TOTAL S	195.20	7.61	11.74	1.41	1.67	464.12	55.69	84.41	258.80	159.43	475.86	57.10	288.90	418.22	1240.09
TOTAL R	0.33		6.88	0.83	1.05	22.24	2.67	4.47	5.46	2.75	29.13	3.50	5.85	8.21	46.88
TOTAL	342.01	90.57	170.08	20.41	20.76	1393.30	167.20	276.21	555.77	576.50	1563.38	187.61	729.55	1132.27	3612.80

Tableau 5

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

VALEUR MONETAIRE DE LA BIOMASSE DISPONIBLE (MILLIONS DE DOLLARS)

ZONE AMENAG.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS TRONCS S.E.	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS ECORCE DU TRONC	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TOTAL RESINEUX ET FEUILLUS TIGES NON MARCH. A.E.	TOTAL
P1	2.32	1.98	2.79	0.33	0.39	7.48	0.90	1.76	5.11	9.68	10.26	1.23	6.46	14.80	32.75
R1	7.72	1.70	2.08	0.25	0.27	9.69	1.16	2.05	12.70	20.56	11.77	1.41	11.73	33.26	58.17
P2	1.10	0.39	0.53	0.06	0.10	5.70	0.68	1.22	2.86	5.59	6.23	0.75	2.81	8.45	18.23
R2	5.66	0.36	0.08	0.01	0.01	18.49	2.22	3.49	9.80	10.77	18.58	2.23	9.53	20.57	50.91
S2	19.44	0.37	0.38	0.05	0.06	24.06	2.89	4.47	21.50	10.32	24.43	2.93	24.32	31.82	83.52
R2			1.14	0.14	0.14	2.60	0.31	0.50	0.60	0.59	3.74	0.45	0.65	1.18	6.01
P3	2.38	1.74	2.61	0.31	0.30	19.97	2.40	4.34	4.46	7.38	22.58	2.71	8.76	11.84	45.89
R3	2.46	0.65	0.16	0.02	0.02	8.05	0.97	1.66	5.59	4.32	8.21	0.99	4.78	9.91	23.89
P4	0.69	0.70	2.44	0.29	0.29	14.23	1.71	3.74	2.07	4.55	16.67	2.00	5.42	6.62	30.71
R4	0.77	0.68	0.12	0.01	0.01	6.96	0.84	1.42	1.54	2.20	7.08	0.85	2.88	3.74	14.55
S4	5.40	0.47	0.41	0.05	0.06	28.63	3.44	5.32	10.21	6.25	29.04	3.48	11.25	16.45	60.22
P5	0.43	1.41	3.13	0.38	0.25	7.00	0.84	1.64	0.39	2.13	10.14	1.22	3.72	2.52	17.60
R5	0.01	0.08				0.94	0.11	0.19	0.05	0.10	0.94	0.11	0.27	0.15	1.47
P6	0.45	2.64	4.21	0.50	0.43	13.78	1.65	3.14	1.95	5.09	17.99	2.16	6.65	7.05	33.85
R6	1.89	1.40	2.28	0.27	0.24	19.49	2.34	3.87	3.06	4.32	21.77	2.61	7.40	7.38	39.16
P7	0.53	2.40	4.81	0.58	0.55	12.45	1.49	2.79	2.14	5.33	17.25	2.07	6.27	7.47	33.07
R7	0.98	3.03	2.99	0.36	0.28	29.62	3.55	5.74	2.48	3.89	32.61	3.91	10.03	6.37	52.92
S7	2.90	0.49	0.94	0.11	0.11	24.67	2.96	4.52	4.69	2.53	25.61	3.07	8.02	7.22	43.92
P8	0.25	0.17	0.03		0.01	2.69	0.32	0.51	1.23	1.70	2.72	0.33	0.94	2.93	6.93
R8	6.88	1.27	9.44	1.13	1.35	43.14	5.18	7.95	13.09	11.55	52.57	6.31	17.44	24.64	100.96
S8	15.98	0.55	1.18	0.14	0.19	32.20	3.86	5.59	19.60	8.21	33.37	4.00	22.31	27.82	87.50
R8			0.58	0.07	0.12	1.12	0.13	0.18	0.41	0.06	1.71	0.20	0.30	0.47	2.68
P9	0.38	0.07	0.11	0.01	0.02	1.00	0.12	0.20	0.79	0.95	1.11	0.13	0.67	1.74	3.65
R9	1.73	0.07	0.06	0.01	0.01	6.05	0.73	1.13	3.56	3.48	6.11	0.73	2.94	7.01	16.82
S9	5.08	0.03	0.03			6.48	0.78	1.21	8.70	12.54	6.51	0.78	6.33	21.24	34.86
R9	0.08					1.84	0.22	0.44	0.36	0.04	1.84	0.22	0.52	0.40	2.97
TOTAL 1	10.04	3.68	4.87	0.58	0.66	17.17	2.06	3.82	17.81	30.24	22.03	2.64	18.19	48.05	90.92
TOTAL 2	26.20	1.12	2.13	0.26	0.31	50.85	6.10	9.68	34.76	27.27	52.98	6.36	37.31	62.02	158.67
TOTAL 3	4.84	2.39	2.78	0.33	0.32	28.01	3.36	5.99	10.05	11.70	30.79	3.69	13.54	21.75	69.78
TOTAL 4	6.86	1.85	2.97	0.36	0.35	49.83	5.98	10.47	13.81	12.99	52.79	6.34	17.54	26.81	105.48
TOTAL 5	0.43	1.49	3.13	0.38	0.25	7.94	0.95	1.83	0.45	2.22	11.07	1.33	4.00	2.67	19.07
TOTAL 6	2.34	4.04	6.49	0.78	0.67	33.27	3.99	7.01	5.01	9.41	39.76	4.77	14.05	14.43	73.01
TOTAL 7	4.41	5.92	8.73	1.05	0.95	66.74	8.01	13.04	9.31	11.76	75.47	9.06	24.32	21.05	129.91
TOTAL 8	23.11	1.98	11.23	1.35	1.66	79.15	9.50	14.23	34.33	21.53	90.38	10.85	40.99	55.86	198.07
TOTAL 9	7.27	0.18	0.19	0.02	0.03	15.38	1.85	2.98	13.41	17.00	15.57	1.87	10.45	30.32	58.22
TOTAL P	8.53	11.51	20.65	2.48	2.32	84.31	10.12	17.33	21.01	42.40	104.96	12.60	41.70	63.41	222.67
TOTAL R	28.09	9.23	17.21	2.07	2.19	142.43	17.09	27.50	51.87	61.18	159.64	19.16	67.00	113.05	358.84
TOTAL S	48.80	1.90	2.94	0.35	0.42	116.03	13.92	21.10	64.70	39.86	118.96	14.28	72.23	104.56	310.02
TOTAL R	0.08		1.72	0.21	0.26	5.56	0.67	1.12	1.37	0.69	7.28	0.87	1.46	2.05	11.67
TOTAL	85.50	22.64	42.52	5.10	5.19	348.33	41.80	69.05	138.94	144.12	390.85	46.90	182.39	283.07	903.20

Tableau 6

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

FACTEURS DE BIOMASSE

ZONE AMENAG.	PEUP	RESIDUS DE COUPE: BRANCH. ET HOUP. A.E. RES.	RESIDUS DE COUPE: BRANCH. ET HOUP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES: RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.
1-P	R+MR	0.142	0.244	1.000	0.120	0.142	1.000	0.120	0.244	0.130	0.075
	F+MF	0.126	0.221	1.000	0.120	0.126	1.000	0.120	0.221	0.046	0.129
1-B	R+MR	0.129	0.212	1.000	0.120	0.129	1.000	0.120	0.212	0.131	0.031
	F+MF	0.129	0.212	1.000	0.120	0.129	1.000	0.120	0.212	0.043	0.146
1-S	R+MR										
	F+MF										
1-R	R+MR										
	F+MF										
2-P	R+MR	0.186	0.221	1.000	0.120	0.186	1.000	0.120	0.221	0.192	0.135
	F+MF	0.142	0.204	1.000	0.120	0.142	1.000	0.120	0.204	0.062	0.169
2-B	R+MR	0.148	0.192	1.000	0.120	0.148	1.000	0.120	0.192	0.142	0.031
	F+MF	0.116	0.186	1.000	0.120	0.116	1.000	0.120	0.186	0.047	0.099
2-S	R+MR	0.149	0.195	1.000	0.120	0.149	1.000	0.120	0.195	0.122	0.009
	F+MF	0.098	0.168	1.000	0.120	0.098	1.000	0.120	0.168	0.020	0.042
2-R	R+MR	0.149	0.200	1.000	0.120	0.149	1.000	0.120	0.200	0.126	0.007
	F+MF	0.126	0.193	1.000	0.120	0.126	1.000	0.120	0.193	0.060	0.139
3-P	R+MR	0.115	0.234	1.000	0.120	0.115	1.000	0.120	0.234	0.087	0.052
	F+MF	0.112	0.205	1.000	0.120	0.112	1.000	0.120	0.205	0.020	0.060
3-B	R+MR	0.138	0.203	1.000	0.120	0.138	1.000	0.120	0.203	0.182	0.037
	F+MF	0.103	0.208	1.000	0.120	0.103	1.000	0.120	0.208	0.037	0.069

Tableau 6 (suite)

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC, QUE. MARS 1981

FACTEURS DE BIOMASSE

ZONE AMENAG.	PEUP	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX ECORCE DU TRONC	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	ESSENCES NON EXPLOITEES FEUILLUS TRONCS S.E.	ESSENCES NON EXPLOITEES FEUILLUS ECORCE DU TRONC	ESSENCES NON EXPLOITEES FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.
3-S	R+MR										
	F+MF										
3-R	R+MR										
	F+MF										
4-P	R+MR	0.120	0.354	1.000	0.120	0.120	1.000	0.120	0.354	0.092	0.060
	F+MF	0.115	0.220	1.000	0.120	0.115	1.000	0.120	0.220	0.019	0.089
4-B	R+MR	0.061	0.206	1.000	0.120	0.061	1.000	0.120	0.206	0.052	0.025
	F+MF	0.106	0.203	1.000	0.120	0.106	1.000	0.120	0.203	0.035	0.053
4-S	R+MR	0.146	0.191	1.000	0.120	0.146	1.000	0.120	0.191	0.120	0.028
	F+MF	0.110	0.183	1.000	0.120	0.110	1.000	0.120	0.183	0.042	0.047
4-R	R+MR										
	F+MF										
5-P	R+MR	0.072	0.326	1.000	0.120	0.072	1.000	0.120	0.326	0.011	0.027
	F+MF	0.101	0.202	1.000	0.120	0.101	1.000	0.120	0.202	0.013	0.051
5-B	R+MR	0.093	0.259	1.000	0.120	0.093	1.000	0.120	0.259	0.048	0.017
	F+MF	0.101	0.202	1.000	0.120	0.101	1.000	0.120	0.202	0.013	0.051
5-S	R+MR										
	F+MF										
5-R	R+MR										
	F+MF										

Tableau 6 (suite)

PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA BIOMASSE FORESTIERE DU QUEBEC

DARVEAU GRENIER LUSSIER ET ASSOCIES
QUEBEC,QUE. MARS 1981

FACTEURS DE BIOMASSE

ZONE AMENAG.	PEUP	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUP. A.E. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.
6-P	R+MR	0.098	0.248	1.000	0.120	0.098	1.000	0.120	0.248	0.065	0.042
	F+MF	0.109	0.222	1.000	0.120	0.109	1.000	0.120	0.222	0.016	0.008
6-B	R+MR	0.107	0.203	1.000	0.120	0.107	1.000	0.120	0.203	0.062	0.025
	F+MF	0.093	0.196	1.000	0.120	0.093	1.000	0.120	0.196	0.021	0.048
6-S	R+MR										
	F+MF										
6-R	R+MR										
	F+MF										
7-P	R+MR	0.117	0.213	1.000	0.120	0.117	1.000	0.120	0.213	0.066	0.044
	F+MF	0.110	0.227	1.000	0.120	0.110	1.000	0.120	0.227	0.025	0.094
7-B	R+MR	0.099	0.191	1.000	0.120	0.099	1.000	0.120	0.191	0.044	0.019
	F+MF	0.091	0.194	1.000	0.120	0.091	1.000	0.120	0.194	0.016	0.039
7-S	R+MR	0.128	0.184	1.000	0.120	0.128	1.000	0.120	0.184	0.080	0.018
	F+MF	0.094	0.183	1.000	0.120	0.094	1.000	0.120	0.183	0.023	0.023
7-R	R+MR										
	F+MF										
8-P	R+MR	0.237	0.208	1.000	0.120	0.237	1.000	0.120	0.208	0.303	0.106
	F+MF	0.216	0.189	1.000	0.120	0.216	1.000	0.120	0.189	0.069	0.208
8-B	R+MR	0.146	0.186	1.000	0.120	0.146	1.000	0.120	0.186	0.115	0.022
	F+MF	0.121	0.183	1.000	0.120	0.121	1.000	0.120	0.183	0.032	0.059

Tableau 6 (suite)

FACTEURS DE BIOMASSE

ZONE AMENAG.	PEUP.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUP. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.
8-S	R+MR	0.163	0.178	1.000	0.120	0.163	1.000	0.120	0.178	0.126	0.010
	F+MF	0.128	0.169	1.000	0.120	0.128	1.000	0.120	0.169	0.029	0.039
8-R	R+MR	0.192	0.163	1.000	0.120	0.192	1.000	0.120	0.163	0.196	0.004
	F+MF	0.203	0.161	1.000	0.120	0.203	1.000	0.120	0.161	0.079	0.031
9-P	R+MR	0.156	0.200	1.000	0.120	0.156	1.000	0.120	0.200	0.188	0.048
	F+MF	0.138	0.194	1.000	0.120	0.138	1.000	0.120	0.194	0.043	0.123
9-B	R+MR	0.132	0.192	1.000	0.120	0.132	1.000	0.120	0.192	0.156	0.013
	F+MF	0.121	0.185	1.000	0.120	0.121	1.000	0.120	0.185	0.050	0.112
9-S	R+MR	0.128	0.185	1.000	0.120	0.128	1.000	0.120	0.185	0.111	0.011
	F+MF	0.149	0.194	1.000	0.120	0.149	1.000	0.120	0.194	0.084	0.200
9-R	R+MR	0.152	0.195	1.000	0.120	0.152	1.000	0.120	0.195	0.130	0.004
	F+MF	0.136	0.237	1.000	0.120	0.136	1.000	0.120	0.237	0.045	0.010
TOTAL 1	R+MR	0.132	0.229	1.000	0.120	0.136	1.000	0.120	0.227	0.131	0.044
	F+MF	0.128	0.216	1.000	0.120	0.127	1.000	0.120	0.215	0.044	0.141
TOTAL 2	R+MR	0.150	0.203	1.000	0.120	0.169	1.000	0.120	0.197	0.131	0.022
	F+MF	0.112	0.186	1.000	0.120	0.127	1.000	0.120	0.182	0.030	0.066
TOTAL 3	R+MR	0.126	0.225	1.000	0.120	0.116	1.000	0.120	0.225	0.124	0.046
	F+MF	0.108	0.206	1.000	0.120	0.112	1.000	0.120	0.206	0.027	0.063
TOTAL 4	R+MR	0.124	0.248	1.000	0.120	0.121	1.000	0.120	0.239	0.101	0.034
	F+MF	0.110	0.202	1.000	0.120	0.114	1.000	0.120	0.196	0.036	0.057

Tableau 6 (suite)

FACTEURS DE BIOMASSE

ZONE AMENAG.	PEUP	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. RES.	RESIDUS DE COUPE BRANCH. ET HOUPP. A.E. FEUIL.	ESSENCES NON EXPLOITEES RESINEUX TRONCS S.E.	RESINEUX ECORCE DU TRONC	RESINEUX BRANCH. ET HOUP. A.E.	FEUILLUS TRONCS S.E.	FEUILLUS ECORCE DU TRONC	FEUILLUS BRANCH. ET HOUP. A.E.	TIGES NON MARCH. A.E. RES.	TIGES NON MARCH. A.E. FEUIL.
TOTAL 5	R+MR	0.072	0.326	1.000	0.120	0.072	1.000	0.120	0.326	0.012	0.027
	F+MF	0.101	0.202	1.000	0.120	0.101	1.000	0.120	0.202	0.013	0.051
TOTAL 6	R+MR	0.106	0.226	1.000	0.120	0.102	1.000	0.120	0.217	0.063	0.032
	F+MF	0.098	0.213	1.000	0.120	0.105	1.000	0.120	0.208	0.019	0.064
TOTAL 7	R+MR	0.121	0.202	1.000	0.120	0.114	1.000	0.120	0.192	0.063	0.025
	F+MF	0.094	0.204	1.000	0.120	0.099	1.000	0.120	0.196	0.020	0.046
TOTAL 8	R+MR	0.158	0.184	1.000	0.120	0.148	1.000	0.120	0.183	0.125	0.017
	F+MF	0.128	0.179	1.000	0.120	0.146	1.000	0.120	0.177	0.031	0.050
TOTAL 9	R+MR	0.130	0.193	1.000	0.120	0.146	1.000	0.120	0.188	0.128	0.013
	F+MF	0.131	0.188	1.000	0.120	0.130	1.000	0.120	0.200	0.071	0.166
TOTAL P	R+MR	0.128	0.248	1.000	0.120	0.113	1.000	0.120	0.256	0.095	0.058
	F+MF	0.119	0.216	1.000	0.120	0.111	1.000	0.120	0.214	0.028	0.094
TOTAL B	R+MR	0.132	0.200	1.000	0.120	0.133	1.000	0.120	0.194	0.112	0.026
	F+MF	0.108	0.196	1.000	0.120	0.103	1.000	0.120	0.192	0.035	0.082
TOTAL S	R+MR	0.149	0.186	1.000	0.120	0.149	1.000	0.120	0.187	0.117	0.013
	F+MF	0.109	0.178	1.000	0.120	0.103	1.000	0.120	0.178	0.033	0.056
TOTAL R	R+MR									0.142	0.005
	F+MF	0.136		1.000	0.120	0.152	1.000	0.120	0.201	0.059	0.076
TOTAL	R+MR	0.141	0.221	1.000	0.120	0.124	1.000	0.120	0.205	0.111	0.027
	F+MF	0.111	0.204	1.000	0.120	0.114	1.000	0.120	0.194	0.033	0.074

Etant donné qu'actuellement, on n'utilise que de faibles quantités de biomasse sous forme d'arbres entiers et de bois de chauffage (approximativement 300,000 tonnes par an), on peut considérer que les données de ces divers tableaux correspondent aux disponibilités nettes de biomasse excédentaire que l'on trouve en forêt. A ces résultats, viendront évidemment s'ajouter les résidus d'usinage disponibles sous forme d'écorce, de sciure et de copeaux de rabotage.

On constate, à la lecture des tableaux 2, 3, 4 et 5, qu'il existe, pour l'ensemble du Québec, une disponibilité de biomasse en forêt d'environ 34 millions de mètres cubes, soit 16 millions de tonnes métriques anhydres, ce qui équivaut à 3.6 milliards de litres de pétrole et à environ un milliard de dollars. Les résidus de coupe représentent 12% du poids total, les arbres entiers marchands 57% et les tiges non marchandes 31%. Les essences feuillues fournissent à elles seules 90% du poids des arbres entiers marchands.

On remarque de plus qu'on trouve, dans la zone de la forêt habitée (somme de la forêt privée et de la forêt publique de banlieue), soit la plus accessible en termes de récolte de biomasse, environ 65% du poids total des disponibilités. Pour cette même forêt habitée, les régions 08, 01 et 07 s'avèrent les plus importantes (à peu près 10% du total chacune), suivies des régions 06, 02, 04 et 03 (à peu près 8% chacune).

Enfin, en ce qui concerne les facteurs de biomasse, décrits au paragraphe 3.6, on obtient, pour l'ensemble du Québec, les résultats suivants (chiffres arrondis):

Branches et houppiers résineux: 0.14 (tous les peuplements)
Branches et houppiers feuillus: 0.21 (tous les peuplements)
Tiges non marchandes résineuses: 0.11 (peuplements résineux)
Tiges non marchandes feuillues: 0.07 (peuplements feuillus)
Ecorce: 0.12 (donnée d'entrée)

4.3 Production et consommation actuelles de résidus d'usinage

On présente, au tableau 7, les données de la production et de l'utilisation actuelles des résidus d'usinage (écorce, sciures et copeaux de rabotage). Ces données proviennent de l'enquête déjà mentionnée et présentent un niveau de précision fort acceptable. Il est à noter que cette production se situe presqu'entièrement dans la zone de la forêt habitée. On peut souligner, à l'égard de la production et de l'utilisation des résidus d'usinage, les faits suivants:

- La production totale annuelle d'écorce se chiffre à 1,652,100 tonnes métriques anhydres, alors que la consommation représente 959,300 tonnes, d'où un taux d'utilisation de 58% et une disponibilité de 692,800 tonnes.
- L'industrie des pâtes et papiers demeure le plus grand consommateur d'écorce, soit 92% de la consommation totale, le reste étant utilisé par l'industrie du sciage.
- La région 05 est déjà déficitaire d'écorce et doit importer 18,800 tonnes des autres régions.
- Les régions 01, 04, 07 et 09 tendent vers un déficit puisqu'elles consomment environ 70% de la production régionale d'écorce.
- Les régions 02, 03 et 08 offrent les plus grandes disponibilités d'écorce (525,100 tonnes ou 75% des disponibilités totales).
- La production totale de sciures et de copeaux de rabotage se chiffre à 1,368,500 tonnes, alors que la consommation actuelle représente 1,032,500 tonnes, d'où un taux d'utilisation de 75% et une disponibilité de 336,000 tonnes
- La consommation industrielle des sciures et copeaux de rabotage représente 65% du total. Le reste, soit 363,700 tonnes, est utilisé pour fins énergétiques, dans une proportion à peu près égale, par l'industrie du sciage et celle des pâtes et papiers.
- Les régions 04, 05 et 07 sont déjà déficitaires en sciures et copeaux de rabotage (293,600 tonnes). La seule région 04 doit importer 213,600 tonnes des autres régions, soit 81% de sa consommation actuelle.
- La région 08 présente un surplus de 249,300 tonnes de sciures et copeaux de rabotage et constitue donc le principal fournisseur des régions

Tableau 7

PRODUCTION ET CONSOMMATION ACTUELLES DE RESIDUS D'USINAGE
(ECORCE, SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE) PAR REGION
EN TONNES METRIQUES ANHYDRES PAR ANNEE**

REGION	ECORCE					SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE			
	PRODUCTION			CONSOMMATION	DISPONIBILITE	PRODUCTION	CONSOMMATION		DISPONIBILITE
	PATES ET PAPIERS	SCIAGE ET AUTRES	TOTAL				INDUSTRIELLE	ENERGETIQUE	
1	71,100	110,000	181,100	137,300	43,800	145,500	84,600	33,000	27,900
2	81,100	284,500	365,600	179,700	185,900	336,600	24,300	80,900	231,400
3	102,300	97,300	199,600	88,600	111,000	178,000	50,600	42,200	85,200
4	156,300	28,200	184,500	137,600	46,900	50,900	253,700	10,800	(213,600)
5	36,300	30,000	66,300	85,100	(18,800)	49,800	32,200	28,100	(10,500)
6	5,500	20,900	26,400	3,000	23,400	34,700	3,800	13,000	17,900
7	125,800	64,500	190,300	136,700	53,600	98,600	119,600	48,500	(69,500)
8	41,300	337,400	378,700	150,500	228,200	433,800	100,000	84,500	249,300
9	27,200	32,400	59,600	40,800	18,800	40,600	-	22,700	17,900
TOTAL	646,900	1,005,200	1,652,100	959,300	692,800	1,368,500	668,800	363,700	336,000

** Les données du tableau 7 ne correspondent pas à celles de l'annexe 2. En effet, le tableau 7 inclut toutes les scieries, alors que l'annexe 2 est basée uniquement sur les scieries produisant annuellement 35,000 m^3 et plus (15 millions de pmp).

déficitaires, principalement de la région 04. Soulignons que la nouvelle usine de Donohue-Normick à Amos ne prévoit pas utiliser ces produits de sorte qu'ils devraient rester disponibles pour la région 04.

4.4 Production et consommation prévues de résidus d'usinage

Lors de la même enquête, on a demandé aux personnes interrogées d'estimer leur consommation de résidus d'usinage d'ici les cinq prochaines années. Les résultats qui découlent de cette enquête sont présentés au tableau 8. On retient comme faits saillants que:

- La consommation d'écorce sera égale à la production, soit environ 1,854,000 tonnes/année.
- Les régions 01, 04, et 05 seront déficitaires en écorce.
- Les régions 08 et 02 s'avéreront les principales régions exportatrices d'écorce.
- La production de sciures et copeaux de rabotage sera de 1,402,600 tonnes. Les disponibilités se chiffreront à 69,500 tonnes. A toute fin pratique, on peut cependant les considérer comme nulles.
- Les régions 01, 04, 05 et 07 seront déficitaires en sciures et copeaux de rabotage.
- La région 04 sera la plus largement déficitaire en sciures et copeaux de rabotage (268,600 tonnes) et importera ces produits principalement des régions 08 et 02.

4.5 Résumé des disponibilités nettes de biomasse forestière

A l'aide des données précédentes (tableaux 3, 7 et 8), on peut résumer les disponibilités nettes de biomasse forestière pour l'année 1980, tel qu'indiqué à la page 30. On constate que les disponibilités de biomasse forestière au Québec se ramènent, à peu de choses près, à la biomasse disponible en forêt (94% du total) et que, de ce fait, les données des tableaux 2 à 5 fournissent des ordres de grandeur valables de telles disponibilités, de leur équivalent énergétique, de leur valeur monétaire et de leur importance relative régionale.

Il est clair qu'actuellement les régions 02 (Chibougamau - Lac St-Jean) et 08 (Abitibi - Témiscamingue) contiennent la plus grande quantité de biomasse disponible, soit 7.2 millions de tonnes anhydres ou 42% du total provincial.

Tableau 8

PRODUCTION ET CONSOMMATION PROJETEES (PROCHAINES CINQ ANNEES) DE RESIDUS D'USINAGE (ECORCE, SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE) PAR REGION EN TONNES METRIQUES ANHYDRES PAR ANNEE

REGION	ECORCE					SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE			
	PRODUCTION			CONSOMMATION	DISPONIBILITE	PRODUCTION	CONSOMMATION		DISPONIBILITE
	PATES ET PAPIERS	SCIAGE ET AUTRES	TOTAL				INDUSTRIELLE	ENERGETIQUE	
1	116,100	110,000	226,100	336,000	(109,900)	145,500	84,600	75,200	(14,300)
2	85,100	284,500	369,600	279,900	89,700	336,600	24,300	141,400	170,900
3	109,100	97,300	206,400	181,000	25,400	178,000	50,600	81,300	46,100
4	156,300	28,200	184,500	341,100	(156,600)	50,900	253,700	65,800	(268,600)
5	45,400	30,000	75,400	112,800	(37,400)	49,800	32,200	35,300	(17,700)
6	5,500	20,900	26,400	8,500	17,900	34,700	3,800	13,000	17,900
7	222,900	64,500	287,400	247,500	39,900	108,600	119,600	67,600	(78,600)
8	41,300	364,400[1]	405,700	284,500	121,200	437,800[2]	140,000	89,400	208,400
9	27,200	44,400	71,600	63,500	8,100	60,700	-	55,300	5,400
TOTAL	808,900	1,044,200	1,853,100	1,854,800	(1,700)	1,402,600	708,800	624,300	69,500

1) Incluant PANOFOR, 27,000 tonnes.
2) Incluant PANOFOR, 4,000 tonnes.

RESUME DES DISPONIBILITES DE BIOMASSE FORESTIERE AU QUEBEC

(aménagement extensif)

(1000 tonnes métriques anyhdres)

REGION	BIOMASSE EN FORET	ECORCE	SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE	TOTAL	%
01	1,616	44	28	1,688	9.9
02	2,821	186	231	3,238	19.0
03	1,241	111	85	1,437	8.4
04	1,875	47	(214)	1,708	10.0
05	339	(19)	(11)	309	1.8
06	1,298	23	18	1,339	7.8
07	2,310	54	(70)	2,294	13.4
08	3,521	228	249	3,998	23.4
09	1,037	19	18	1,074	6.3
Total	16,058	693	334	17,085	100.0
%	94.0	4.1	1.9	100.0	

4.6 Biomasse excédentaire totale au Québec

Jusqu'ici, il n'a été question que de biomasse aérienne et d'aménagement extensif. Quelle serait la biomasse excédentaire totale du Québec si l'on intensifiait un tant soit peu l'aménagement des forêts et si l'on récoltait les souches et les racines des arbres? On se propose maintenant de répondre à cette question. Pour ce faire, on retient les hypothèses suivantes:

- Souches et racines en pourcentage pondéral du tronc s.é.: 15%
- Taux d'augmentation de la possibilité en fonction des pratiques sylvicoles (excluant les plantations énergétiques):

  Forêt privée: 50%
  Forêt publique - banlieue: 30%
  Forêt publique - sciage: 15%
  Forêt publique - pâte: nul

- Plantations énergétiques (voir données du tableau 9):
  - Plantation de 25% des terres agricoles abandonnées (Source: MER, D. Langevin, ing. f.)
  - Rendement de 9 tonnes métriques anhydres par hectare et par an (Source: MER, Dr. G. Vallée, ing. f.)

Le tableau 9, relatif au potentiel des plantations énergétiques, indique clairement que les régions 01, 03 et 05 ont le potentiel de production de biomasse forestière le plus élevé si le concept de plantation énergétique est appliqué.

Tableau 9

DONNEES RELATIVES AUX PLANTATIONS ENERGETIQUES DE PEUPLIER HYBRIDE

REGION	SUPERFICIE DISPONIBLE POUR LA PLANTATION - %							
	25		50		75		100	
	SUPERFICIE TOTALE	RENDEMENT 1) ANNUEL	SUPERFICIE TOTALE	RENDEMENT ANNUEL	SUPERFICIE TOTALE	RENDEMENT ANNUEL	SUPERFICIE TOTALE	RENDEMENT ANNUEL
	000 ha	000 tma	000 ha	000 tma	000 ha	000 tma	000 ha	000 tma
1	30.2	271.8	60.3	542.7	90.4	813.6	120.6	1,085.4
2	10.5	94.5	21.0	189.0	31.6	284.4	42.0	378.0
3	57.2	514.8	114.3	1,028.7	171.4	1,542.6	228.6	2,057.4
4	18.0	162.0	36.0	324.0	54.0	486.0	72.0	648.0
5	35.1	315.9	70.2	631.8	105.3	947.7	140.4	1,263.6
6	26.4	237.6	52.8	475.2	79.1	711.9	105.6	950.4
7	5.9	53.1	11.8	106.2	17.8	160.2	23.9	215.1
8	9.3	83.7	18.6	167.4	27.9	251.1	37.2	334.8
9	2.7	24.3	5.4	48.6	8.0	72.0	10.7	96.3
TOTAL	195.3	1,757.7	390.4	3,513.6	585.5	5,269.5	781.0	7,029.0

1) Rendement en 1,000 tonnes métriques anhydres.

Le tableau 10, pages 33 et 34, indique la production potentielle qui découle des différentes hypothèses envisagées, l'utilisation actuelle (1980) et la biomasse excédentaire totale pour l'ensemble du Québec. Cette dernière est d'environ 20 millions de tonnes dans le cadre d'un aménagement extensif (incluant 3 millions de tonnes de souches et racines) et de 30 millions de tonnes dans celui d'un aménagement intensif. Pour ce dernier cas, la forêt habitée (privée et banlieue) représente 70% de la biomasse excédentaire totale, soit environ 20 millions de tonnes.

4.7 Disponibilité pratique de biomasse

Il est évident que l'excédent de biomasse indiqué au tableau 10 n'est pas physiquement et économiquement disponible dans sa totalité. Ainsi, il est évident qu'on ne récoltera, au cours des cinq ou dix prochaines années, aucun volume significatif de biomasse en provenance des plantations énergétiques de même qu'il est peu probable, durant cette même période, que l'on récolte des volumes substantiels de souches et de racines.

Estimer la disponibilité pratique de biomasse forestière au cours de la prochaine décennie demeure une tâche utile mais complexe, qui dépasse largement le cadre de la présente étude. On se contentera donc ici de faire une telle estimation uniquement sur la base de l'expérience et du jugement. Ainsi, on a posé, de façon purement subjective, les hypothèses suivantes relativement à la disponibilité pratique de biomasse forestière des années 80:

Tableau 11

DISPONIBILITE PRATIQUE DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE (1981)

SOURCE DE BIOMASSE (Voir Tabl. 10)	DISPONIBILITE EN %					
	PRIVEE		BANLIEUE		SCIAGE/PATE	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
1	-	-	-	-	-	-
2	100	-	100	-	100	-
3	100	-	100	-	100	-
4	25	-	50	-	30	-
5	75	15	80	10	30	5
6	75	15	80	10	30	5
7	75	15	80	10	30	5
8	25	-	35	-	15	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-

1* Production naturelle; 2* Production additionnelle due à la sylviculture.

Tableau 10

BIOMASSE EXCEDENTAIRE TOTALE DU QUEBEC

(Aménagement intensif)

	SOURCE DE BIOMASSE PRODUCTION POTENTIELLE	1000 TONNES METRIQUES ANHYDRES															
		PRIVEE			PUBLIQUE									TOTAL			%
					BANLIEUE			SCIAGE/PATE			PATE						
		1**	2**	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	
1	Récolte actuelle*	1759	-	1759	4150	-	4150	5565	-	5565	-	-	-	11474	-	11474	25.7
2	Ecorce de la récolte actuelle	210	-	210	495	-	495	664	-	664	-	-	-	1369	-	1369	3.1
3	Copeaux de rab. & sciure	253	-	253	597	-	597	802	-	802	-	-	-	1652	-	1652	3.7
4	Branches & cimes de la récolte actuelle	356	-	356	663	-	663	901	-	901	-	-	-	1920	-	1920	4.3
5	Disponibilités de troncs s.é.	1866	1918	3784	2838	2245	5083	2115	1252	3367	129	-	129	6948	5415	12363	27.7
6	Ecorce des disponibilités	224	230	454	341	269	610	254	150	404	15	-	15	834	649	1483	3.3
7	Branches et cimes des disponibilités	385	396	781	528	418	946	383	227	610	25	-	25	1321	1041	2362	5.3
8	Tiges non marchandes, récolte & disponibilité	1127	564	1691	2010	603	2613	1859	279	2138	37	-	37	5033	1446	6479	14.5
9	Plantations énergétiques	-	1758	1758	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1758	1758	3.9
	Sous-total, biomasse aérienne	6180	4866	11046	11622	3535	15157	12543	1908	14451	206	-	206	30551	10309	40860	91.5
10	Souches, réc. actuelle	264	-	264	623	-	623	835	-	835	-	-	-	1722	-	1722	4.3
11	Souches, disponibilités	280	287	567	426	337	763	317	188	505	19	-	19	1042	812	1854	4.2
	Sous-total, biomasse souterraine	544	287	831	1049	337	1386	1152	188	1340	19	-	19	2764	812	3510	8.5
	GRAND TOTAL	6724	5153	11877	12671	3872	16543	13695	2096	15791	225	-	225	33315	11121	44436	100.0
	%	15.1	11.6	26.7	28.5	8.7	37.2	30.9	4.7	35.6	0.5	-	0.5	75.0	25.0	100.0	

* Ne comprend pas l'écorce, les sciures et les copeaux de rabotage

** 1 Production naturelle
2 Production additionnelle due à la sylviculture

Tableau 10 (suite)

BIOMASSE EXCEDENTAIRE TOTALE DU QUEBEC

(Aménagement intensif)

SOURCE DE BIOMASSE PRODUCTION POTENTIELLE	1000 TONNES METRIQUES ANHYDRES															%
	PRIVEE			PUBLIQUE									TOTAL			
				BANLIEUE			SCIAGE/PATE			PATE						
	1**	2**	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	
UTILISATION ACTUELLE (1980)																
Récolte	1759	-	1759	4150	-	4150	5565	-	5565	-	-	-	11474	-	11474	25.8
Ecorce	147	-	147	346	-	346	466	-	466	-	-	-	959	-	959	2.2
Copeaux de rabotage et sciure	158	-	158	373	-	373	502	-	502	-	-	-	1033	-	1033	2.3
Copeaux d'arbres entiers	32	-	32	78	-	78	-	-	-	-	-	-	110	-	110	0.2
Bois de chauffage	150	-	150	50	-	50	-	-	-	-	-	-	200	-	200	0.4
Total utilisation	2246	-	2246	4997	-	4997	6533	-	6533	-	-	-	13776	-	13776	31.0
Biomasse excédentaire totale	4478	5153	9631	7674	3872	11546	7162	2096	9258	225	-	225	19539	11121	30660	69.3
%	14.6	16.8	31.4	25.0	12.6	37.6	23.4	6.8	30.2	0.7	-	0.7	63.7	36.3	100.0	100.0

** 1 Production naturelle
2 Production additionnelle due à la sylviculture

Le tableau 12 contient les résultats de l'application de ces hypothèses. On en arrive à la conclusion que la disponibilité pratique représente 9 millions de tonnes, soit 30% de la biomasse excédentaire totale. Ceci nous apparaît comme un ordre de grandeur acceptable. On remarquera également que 80% de cette disponibilité pratique provient de la forêt habitée et qu'elle pourrait se présenter sous forme d'arbres entiers dans une proportion de 80% (somme des sources 5 à 8).

4.8 Prévisions de la production et de la consommation de biomasse forestière, cinq et dix prochaines années

On se propose, dans cette section, de prévoir la prcduction et la consommation de biomasse forestière des années 1985 et 1990 à partir de l'enquête effectuée auprès des principaux utilisateurs. On retient, pour ce faire, quatre grands groupes de consommateurs de matière ligneuse, soit:

- L'industrie des pâtes et papiers
- L'industrie du sciage et du déroulage
- Les autres industries (panneaux, sidérurgie)
- L'industrie du bois de chauffage (résidences et institutions).

i. L'industrie des pâtes et papiers

L'industrie des pâtes et papiers demeure le plus grand consommateur de résidus d'usinage et on peut prévoir qu'elle deviendra, d'ici quelques années, un consommateur important de biomasse disponible en forêt. En 1980, cette industrie consommait, pour des fins énergétiques, 884,000 tonnes d'écorce, soit 54% de la production et 92% de la consommation totale de ce produit. Elle consommait également, au cours de la même année, 734,000 tonnes de sciures et de copeaux de rabotage, soit 54% de la production et 71% de la consommation totale de ces produits. Elle en utilisait 22% pour la production d'énergie et 78% pour la fabrication de pâtes et papiers.

Tableau 12

DISPONIBILITE PRATIQUE DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE

(1980-90)

	SOURCE DE BIOMASSE	1000 TONNES METRIQUES ANHYDRES																%
		PRIVEE			PUBLIQUE									TOTAL				
					BANLIEUE			SCIAGE/PATE			PATE							
		1*	2*	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL	1	2	TOTAL		
1	Récolte actuelle**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ecorce de la récolte actuelle	63	-	63	149		149	198	-	198	-	-	-	410	-	410	4.4	
3	Copeaux de rab. & sciure	95	-	95	224	-	224	300	-	300	-	-	-	619	-	619	6.7	
4	Branches & cimes de la récolte actuelle	89	-	89	332	-	332	270	-	270	-	-	-	691	-	691	7.5	
5	Disponibilités de troncs s.é.	1400	288	1688	2270	225	2495	635	63	698	-	-	-	4305	576	4881	52.6	
6	Ecorce des disponibilités	168	35	203	273	27	300	76	8	84	-	-	-	517	70	587	6.3	
7	Branches et cimes des disponibilités	289	59	348	422	42	464	115	11	126	-	-	-	826	112	938	10.1	
8	Tiges non marchandes, récolte et disponibilité	282	-	282	592	-	592	279	-	279	-	-	-	1153	-	1153	12.4	
9	Plantations énergétiques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sous-total, biomasse aérienne	2386	382	2768	4262	294	4556	1873	82	1955	-	-	-	8521	758	9279	100.0	
10	Souches, réc. actuelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	Souches, disponibilités	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sous-total, biomasse souterraine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	GRAND TOTAL	2386	382	2768	4262	294	4556	1873	82	1955	-	-	-	8521	758	9279***	100.0	
	%	25.7	4.1	29.8	46.0	3.2	49.2	20.2	0.9	21.1	-	-	-	91.9	8.1	100.0		

* 1 Production naturelle
2 Production additionnelle due à la sylviculture

** Ne comprend pas l'écorce, les sciures et les copeaux de rabotage

*** Représente 30% de la biomasse excédentaire totale.

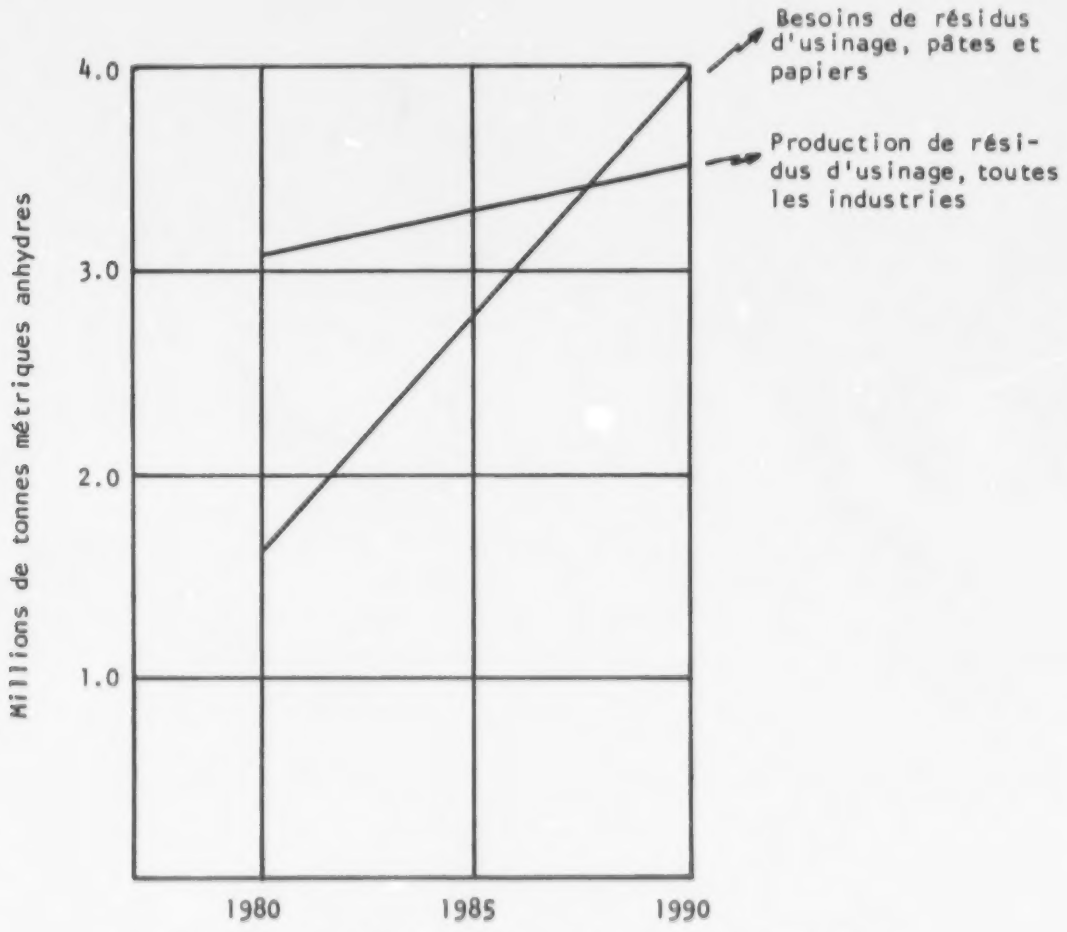
On sait que l'industrie des pâtes et papiers est l'un des plus grands consommateurs d'énergie au Québec. En équivalent de pétrole (huile no 2), elle consomme annuellement 1.5 milliards de litres, soit une valeur monétaire de 375 millions de dollars au prix de $0.25 le litre. Comme il se produit au Québec quelque 6.9 millions de tonnes de pâtes et papiers, le coût de l'énergie revient à $55 la tonne, soit 15% du coût total de fabrication. On prévoit qu'en 1985, ce coût sera de $80 la tonne, pour une production de 8.0 millions de tonnes, d'où une valeur monétaire de 640 millions de dollars.

Si, en 1980, l'industrie des pâtes et papiers produisait 100% de son énergie à partir de la biomasse forestière, elle consommerait 6.7 millions de tonnes métriques anhydres de bois, alors que cette consommation serait de 7.8 tonnes en 1985. Sa consommation actuelle de résidus ligneux se chiffre à 1,618,000 tonnes, ce qui représente seulement 16% de ses besoins d'énergie. Cependant, elle prévoit utiliser, d'après notre enquête, 2,143,000 tonnes en 1985, c'est-à-dire près de 30% de ses besoins. En 1990, on peut prévoir des besoins totaux équivalents à 8.3 millions de tonnes de bois. Si l'on suppose que la matière ligneuse représentera 40% de la production d'énergie, la demande de fibre ligneuse pour cette fin particulière sera de 3,320,000 tonnes. Enfin, l'industrie utilise déjà 60,000 tonnes de copeaux d'arbres entiers, on prévoit qu'elle en utilisera 80,000 tonnes en 1985 et 120,000 tonnes en 1990.

En ce qui concerne l'utilisation des sciures et copeaux de rabotage pour la fabrication de produits de pâtes et papiers, la consommation de 1980 se chiffre à 570,000 tonnes, l'industrie prévoit en utiliser 603,000 tonnes en 1985, ce qui donne 630,000 tonnes en 1990 si le taux d'accroissement de la période 1980-85 se maintient.

En résumé, l'industrie des pâtes et papiers a consommé en 1980, 1,618,000 tonnes de résidus d'usinage; cette consommation devrait atteindre

2,746,000 tonnes en 1985 et 3,950,000 tonnes en 1990. D'autre part, la même enquête démontre que la production de tels résidus a été de 3,021,000 tonnes en 1980 et sera respectivement de 3,256,000 tonnes et de 3,455,000 tonnes en 1985 et 1990. Donc, avant la fin de la présente décennie, les besoins en résidus d'usinage de la seule industrie des pâtes et papiers devraient être supérieurs à la production de ces mêmes résidus.



Production de résidus d'usinage (total) et besoins de résidus d'usinage (pâtes et papiers)

Afin de compléter le tableau sur l'utilisation de la biomasse forestière excédentaire, ajoutons que l'industrie des pâtes et papiers consomme

actuellement, pour la fabrication de ses produits, environ 60,000 tonnes métriques anhydres de copeaux d'arbres entiers et que l'on prévoit qu'elle en consommera 80,000 tonnes en 1985 et 120,000 tonnes en 1990.

ii. L'industrie du sciage et du déroulage

Cette industrie consommait, en 1980, pour fins énergétiques 75,000 tonnes métriques anhydres d'écorce et 199,000 tonnes de sciures et copeaux de rabotage, soit un total de 274,000 tonnes. On prévoit que cette consommation passera à 334,000 tonnes en 1985 et à 410,000 tonnes en 1990.

iii. Les autres industries

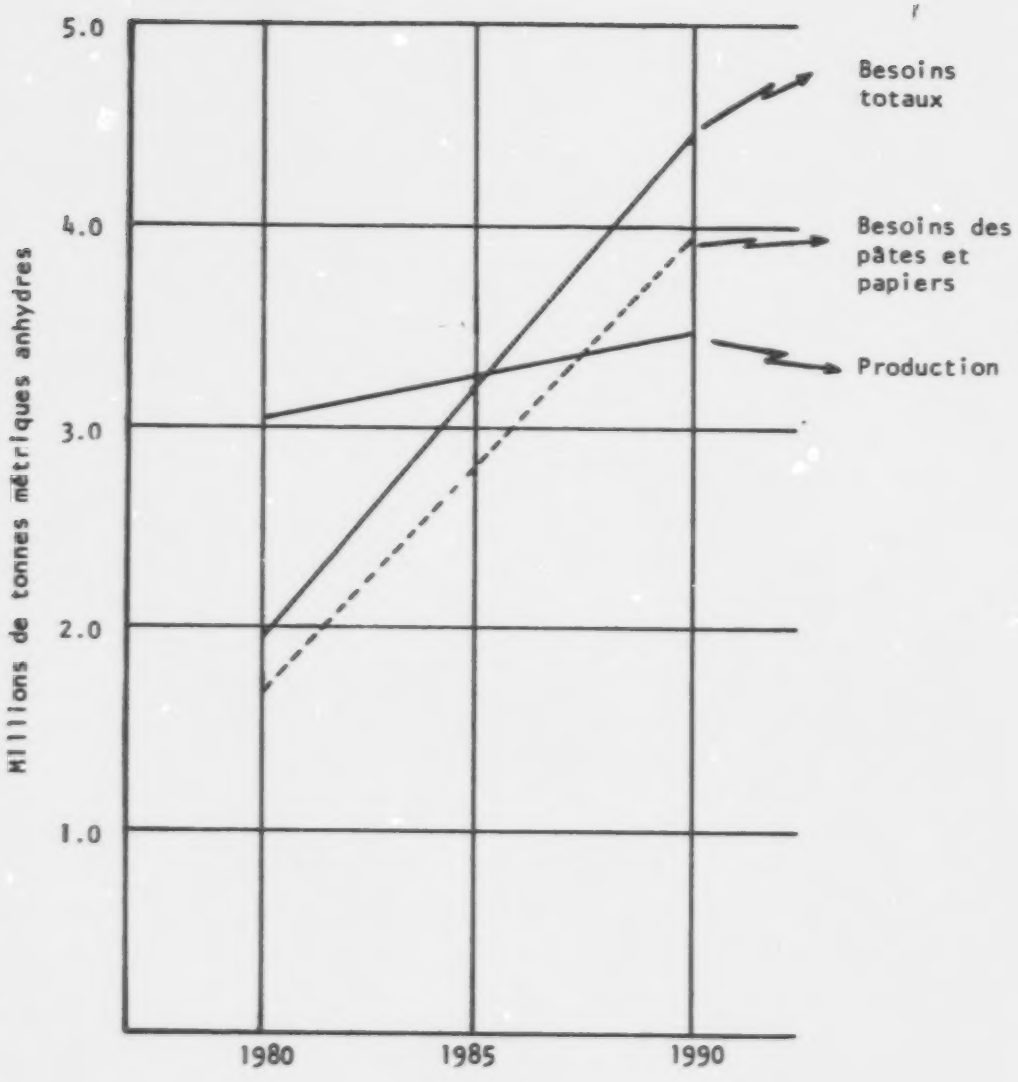
Il s'agit ici principalement de l'industrie des agglomérés dont la consommation porte uniquement sur les sciures et copeaux de rabotage. Celle-ci a consommé 100,000 tonnes métriques anhydres de ce produit en 1980, sa consommation devrait passer à 106,000 tonnes en 1985 et à 120,000 tonnes en 1990. Cependant, comme l'industrie des agglomérés semble vouloir se développer rapidement, ces prévisions constituent des quantités minimales.

D'autre part, l'industrie des agglomérés et autres industries utilisatrices de matière ligneuse ont utilisé 50,000 tonnes de copeaux d'arbres entiers en 1980 et devraient en consommer 100,000 tonnes en 1985 et 200,000 tonnes en 1990.

iv. Bilan des besoins et de la production industrielle

Le bilan des besoins et de la production de résidus d'usinage se présente donc comme suit:

	------1000 TONNES METRIQUES ANHYDRES------					
	1980		1985		1990	
	BESOINS	PROD.	BESOINS	PROD.	BESOINS	PROD.
Pâtes et papiers	1,618		2,746		3,950	
Sciage et déroulage	274		334		410	
Autres industries	100		106		120	
Total	1,992	3,021	3,186	3,256	4,480	3,455



Offre et demande de résidus d'usinage du bois

On peut conclure de ce qui précède que, selon les meilleures prévisions possibles, les besoins en résidus d'usinage du bois seront, à partir de 1985, plus considérables que la production de tels résidus et qu'il faudra alors se tourner vers d'autres sources de matière ligneuse, notamment la biomasse excédentaire en forêt. On peut également prévoir,

à brève échéance, une hausse rapide des prix des résidus, prix qui, vers 1985, devraient normalement, pour une même équivalence énergétique, se comparer à ceux du pétrole.

v. L'industrie du bois de chauffage

En raison de la crise énergétique, l'utilisation de matière ligneuse pour le chauffage des résidences et des institutions s'accroît rapidement. Les statistiques pour le Québec sont très peu fiables à ce sujet et sous-estiment largement la consommation réelle de ce produit.

Les estimations suivantes relativement à la consommation de bois de chauffage au Québec sont très approximatives et on ne doit les considérer que comme un ordre de grandeur. Les estimations sont faites pour les années 1980 et 1990:

ANNEE	NOMBRE TOTAL DE FOYERS AU QUEBEC	FOYERS CONSOMMATEURS DE BOIS		VOL. ANNUELS PAR FOYER CONSOMMATEUR		m^3/an	TONNES/AN DENSITE 0.55
		Nombre	%	Cordes 16"	m^3		
1980	1,625,000	162,500	10	3.0	2.4	390,000	214,500
1990	1,755,000	263,500	15	3.5	2.9	763,425	420,000

Aux fins de cette étude, on a retenu une consommation de biomasse forestière de 200,000, 300,000 et 500,000 tonnes métriques anhydres pour les années 1980, 1985 et 1990 respectivement.

vi. Résumé des prévisions

On résume, aux tableaux 13 et 14, les prévisions portant sur la production et la consommation au Québec de résidus ligneux d'usinage du bois et de biomasse forestière excédentaire. On constate, au tableau 13, que l'industrie des pâtes et papiers demeurera, au cours de la prochaine décennie, le

Tableau 13

PREVISIONS DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION
DE RESIDUS LIGNEUX D'USINAGE DU BOIS ET DE BIOMASSE
FORESTIERE EXCEDENTAIRE PAR CATEGORIE DE PRODUIT

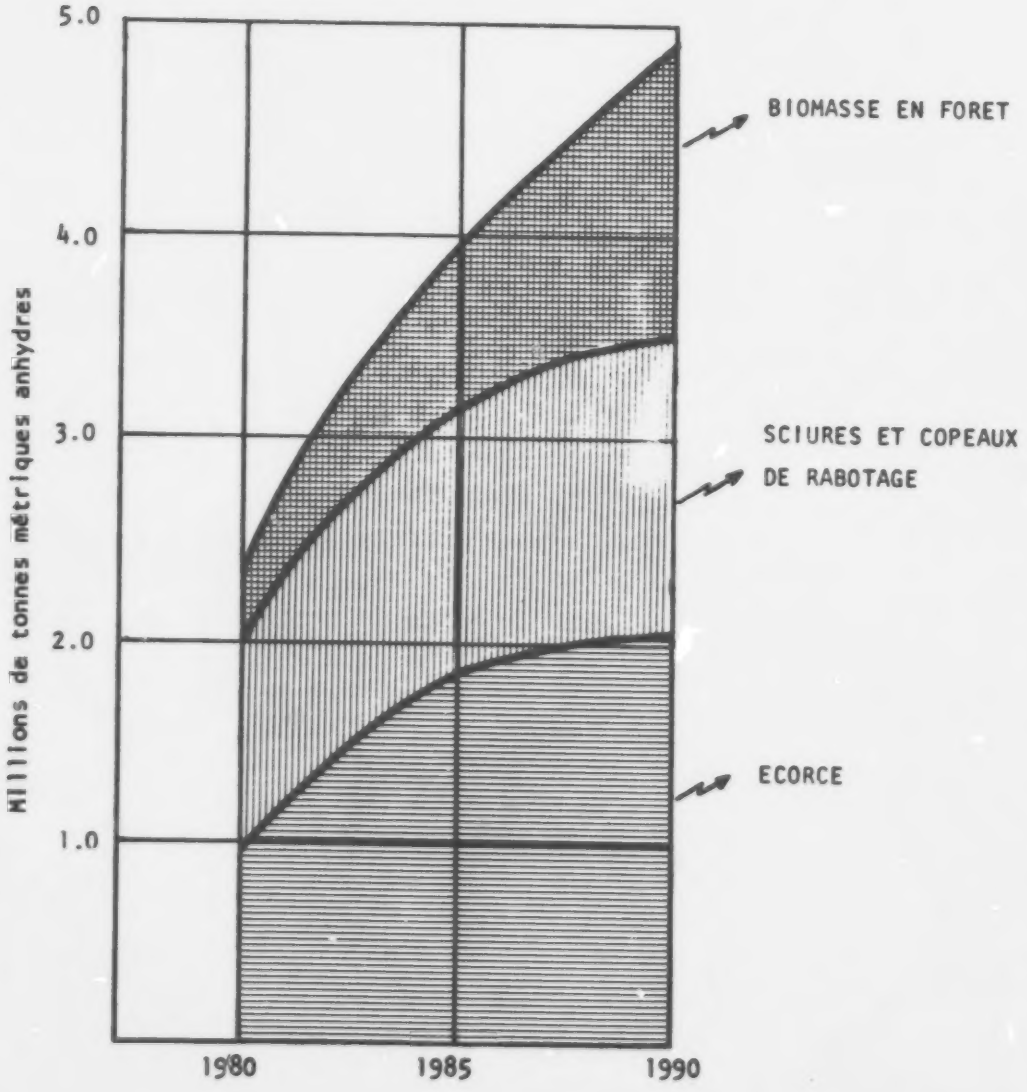
	1000 TONNES METRIQUES ANHYDRES					
	1980		1985		1990	
	PRODUCTION	CONSOMMATION	PRODUCTION	CONSOMMATION	PRODUCTION	CONSOMMATION
1. ECORCE						
- Pâtes et papiers	647	884	809	1,743	930	1,855
- Sciage et déroulage	1,005	75	1,044	110	1,085	160
Sous-total	1,652	959	1,853	1,853	2,015	2,015
2. SCIURES & COPEAUX DE RABOTAGE						
- Pâtes et papiers						
. Produits industriels	-	570	-	603	-	630
. Energie	-	164	-	400	-	440
- Sciage et déroulage	1,369	199	1,403	224	1,440	250
- Autres industries	-	100	-	106	-	120
Sous-total	1,369	1,033	1,403	1,333	1,440	1,440
3. BIOMASSE FORESTIERE						
- Pâtes et papiers						
. Produits industriels	60	60	80	80	120	120
. Energie	-	-	300	300	655	655
- Sciage et déroulage	-	-	-	-	-	-
- Autres industries	50	50	100	100	200	200
- Chauffage, résidences et institutions	200	200	300	300	500	500
Sous-total	310	310	780	780	1,475	1,475
TOTAL	3,331	2,302	4,036	3,966	4,930	4,930

Tableau 14

PREVISIONS DE LA CONSOMMATION DE RESIDUS LIGNEUX D'USINAGE DU BOIS ET DE BIOMASSE FORESTIERE EXCEDENTAIRE PAR CATEGORIE DE CONSOMMATEUR
(1000 tonnes métriques anhydres)

	ECORCE	SCIURES & COPEAUX DE RABOTAGE	BIOMASSE FORESTIERE	TOTAL	%
ANNEE 1980					
Pâtes et papiers	884	734	60	1,678	72.9
Sciage et déroulage	75	199	-	274	11.9
Autres industries	-	100	50	150	6.5
Chauffage	-	-	200	200	8.7
Total	959	1,033	310	2,302	100.0
%	41.7	44.9	13.4	100.0	-
ANNEE 1985					
Pâtes et papiers	1,743	1,003	380	3,126	78.8
Sciage et déroulage	110	224	-	334	8.4
Autres industries	-	106	100	206	5.2
Chauffage	-	-	300	300	7.6
Total	1,853	1,333	780	3,966	100.0
%	46.7	33.6	19.7	100.0	-
ANNEE 1990					
Pâtes et papiers	1,855	1,070	775	3,700	75.1
Sciage et déroulage	160	250	-	410	8.3
Autres industries	-	120	200	320	6.5
Chauffage	-	-	500	500	10.1
Total	2,015	1,440	1,475	4,930	100.0
%	40.9	29.2	29.9	100.0	-

principal consommateur de biomasse forestière excédentaire (environ 75% de la consommation totale). La consommation totale passera de 2,302,000 tonnes anhydres en 1980 à 4,930,000 tonnes anhydres en 1990. L'utilisation de la biomasse disponible en forêt passera de 310,000 tonnes en 1980 à 1,475,000 tonnes en 1990.

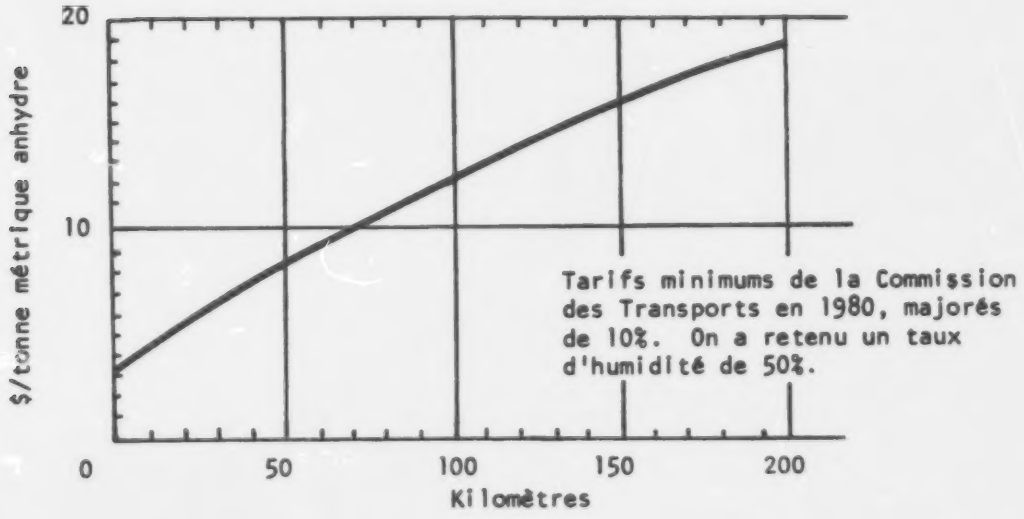


Consommation prévue cumulée de biomasse forestière au Québec

4.9 Prix de revient et coûts de production de la biomasse forestière

En ce qui concerne les prix de vente et les coûts de production de la biomasse forestière, il convient de subdiviser cette dernière en deux catégories de produits, les résidus d'usinage et la biomasse en forêt, produite généralement sous forme de fibre déchiquetée.

L'écorce produite par l'industrie du sciage se vendait, en 1981, $2.00 la tonne métrique anhydre, f. à b. scierie, alors que les sciures et copeaux de rabotage se vendaient $12.00 la tonne. A ces prix s'ajoutent les frais de transport, illustré par la courbe suivante:



Ainsi, un industriel des pâtes et papiers, s'approvisionnant en écorce à une distance moyenne de 100 kilomètres, obtiendra son produit pour un prix d'environ $14 la tonne, alors que pour une même distance, les sciures et copeaux de rabotage lui coûteront $24 la tonne. Il a donc avantage à brûler d'abord l'écorce, ce qu'il fait effectivement. On voit

que ces deux prix sont très loin de leur valeur énergétique réelle qui se situe entre $45 et $55 la tonne. En se fiant sur les prévisions qui précèdent, on peut croire que le prix des résidus atteindra une telle valeur d'ici cinq à sept ans (en dollars de 1980).

Pour ce qui est de la récolte de la biomasse disponible en forêt, on distinque deux sous-catégories de produits, les copeaux d'arbres entiers et les résidus d'exploitation.

Le coût de l'abattage d'arbres entiers, de leur débardage et de leur déchiquetage en bordure de route varie, selon le diamètre moyen des arbres abattus et les difficultés de terrain, entre $25 et $35 par tonne métrique anhydre, alors que le coût de transport à l'usine est d'environ $0.20 la tonne par kilomètre pour des distances supérieures à 50 kilomètres. C'est ainsi qu'à une distance moyenne de 50 kilomètres, le coût de revient des copeaux d'arbres entiers se situe autour de $40 la tonne. Cette valeur se rapproche de celle déjà établie en fonction de l'équivalence énergétique. Comme il existe encore, à bon marché, des surplus de résidus d'usinage et que, de toute façon, le coût de revient de la biomasse disponible en forêt est à peine compétitif avec celui du pétrole (1980), on comprend très bien la réticence actuelle des industriels vis-à-vis de l'utilisation de cette biomasse pour fins de production d'énergie.

Quant au coût de revient des résidus d'exploitation, il existe peu de données à ce sujet mais il est possible, à partir de certaines études théoriques, de faire les estimations suivantes:

Méthode de récolte des résidus d'exploitation (résineux)	Prix de revient ($/tonne métrique anhydre) approximatif à 50 km de distance
Récolte des déchets sur le parterre de coupe, broyage de ces déchets au bord de route	$38
Récolte des déchets en bordure de route (après ébranchage d'arbres entiers), broyage	$30
Transport d'arbres entiers à l'usine, traitement des branches et houppiers à cet endroit	$10 (Coût additionnel dû au transport d'arbres entiers et au traitement des déchets)

Si les estimations du coût de revient des résidus de coupe par la méthode du transport d'arbres entiers s'avéraient justes, cette source de biomasse pourrait, dans certains cas, devenir très attrayante d'ici quelques années. On devra, de toute évidence, en faire l'essai sur une base expérimentale afin de tirer des conclusions définitives.

Bien que la récolte des déchets en bordure de route présente un coût beaucoup plus élevé, elle demeure attrayante du fait qu'il se produit déjà de forts volumes de biomasse selon cette méthode d'exploitation (300,000 à 500,000 tonnes métriques anhydres annuellement au Québec) et que l'estimation du coût de revient est plus fiable que la précédente.

Quant à la récolte des déchets sur le parterre même des coupes, cette méthode ne semble pas très intéressante pour le moment et il n'existe que peu d'expérience à ce sujet. Cependant, il importe de souligner que des équipements de grande efficacité, actuellement en voie de développement, permettront peut-être de réduire appréciablement les coûts de récolte.

Revenant à la production de copeaux d'arbres entiers à partir d'essences non utilisées ou de tiges non marchandes, on peut, à cet égard, verser dans un certain pessimisme. En effet, cette source de biomasse représente environ 80% de la biomasse excédentaire mais son coût de

revient élevé (environ $40/TMA à une distance moyenne de 50 km) ne peut intéresser l'utilisateur. Il importe cependant ici de faire une mise au point. En effet, les copeaux d'arbres entiers pourraient devenir fort intéressant pour l'industrie et constituer une source importante d'approvisionnement pour la fabrication de produits traditionnels et la production d'énergie si la recherche et le développement étaient intensifiés dans les domaines suivants.

- La mise au point d'engins d'exploitation, d'outils et de méthodes de travail conçus spécifiquement pour la récolte d'arbres de faible taille.
- La densification de la biomasse avant son transport à l'usine (densification par compression, fabrication de boulettes, etc...).
- La séparation de la fibre et de l'écorce après déchiquetage.
- Le tamisage des copeaux en vue d'accroître leur qualité (triage des copeaux propres à la pâte, aux agglomérés, à l'énergie).
- Le développement de nouveaux marchés tels que pièces de dimensions, panneaux gaufrés, à fibre orientée, à fibre laminée, bois tranché-laminé, panneaux composites ou reconstitués.
- L'accroissement de l'efficacité des procédés de pyrolyse, d'hydrolyse et de gazéification du bois.
- L'intégration de la récolte d'arbres entiers à la remise en valeur de forêts dégradées.
- La conception de projets industriels forestiers intégrant harmonieusement la production de plusieurs biens.
- La mise au point d'une méthode d'analyse économique adéquate, qui tienne compte de tous les éléments socio-économiques propres à l'utilisation de la biomasse forestière.

Il ne s'agit pas ici d'une liste exhaustive des domaines de recherche mais elle contient les plus importants. Ajoutons que, parallèlement, on devra accroître le niveau de connaissance des impacts écologiques de la récolte de la biomasse forestière.

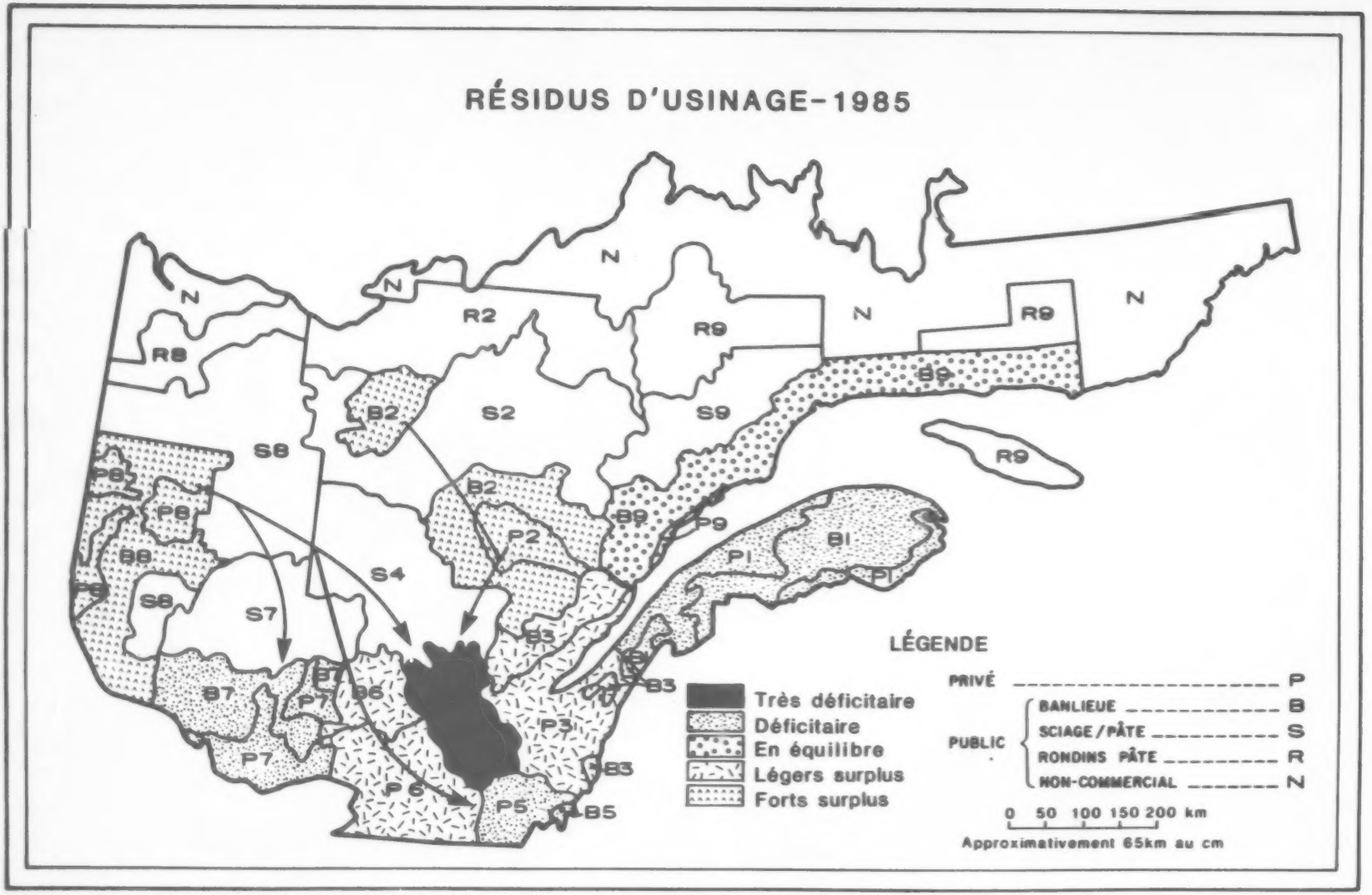
4.10 Conflits d'utilisation de la biomasse forestière

Si l'on compare les besoins prévus de biomasse forestière pour l'année 1990 (5.0 millions de tonnes anhydres) aux disponibilités de biomasse (30.0 millions de tonnes), il ne semble pas y avoir lieu de se poser de questions au sujet de conflits d'utilisation puisqu'à première vue, il y a de la place pour tous. Ceci est vrai au plan purement physique des disponibilités. Cependant, il existera, dans le secteur des résidus d'usinage du bois, une situation de concurrence qui entraînera une forte hausse des prix de vente et qui forcera l'industrie consommatrice de ces produits à rechercher des sources alternes d'approvisionnement énergétique. Parmi ces sources, on retient principalement, pour le Québec, la biomasse forestière, jugeant trop onéreux et peu souhaitable, sur le plan de l'économie nationale, la consommation accrue des sources traditionnelles d'énergie comme le pétrole et l'hydro-électricité.

On peut prévoir, à court terme, des conflits d'utilisation au niveau des sciures et des copeaux de rabotage. En effet, pendant que l'industrie des pâtes et papiers accroîtra l'utilisation de ces résidus pour la fabrication de produits traditionnels, l'industrie des agglomérés, qui utilise le même type de résidus, se développera sans doute car l'avenir dans cette direction apparaît prometteur. Ceci entraînera une hausse des prix qui rendra plus économique la récolte de biomasse en forêt.

D'autre part, la rareté grandissante des sciures et copeaux de rabotage entraînera à son tour une rareté d'écorce. Ce produit devrait donc également connaître une hausse assez considérable des prix qui incitera les utilisateurs actuels à se tourner encore vers la récolte de biomasse forestière.

On montre, sur la carte de la page suivante, la situation régionale des résidus d'usinage telle qu'elle devrait se présenter vers 1985.


RÉSIDUS D'USINAGE-1985
N
R8
R2
R9
S8
S2
S9
B2
B9
P8
P2
P9
P1
B1
B8
S4
S7
S6
B3
B7
P7
P6
P3
P5
B5
LÉGENDE
Très déficitaire
Déficitaire
En équilibre
Légers surplus
Forts surplus
PRIVÉ P
PUBLIC
BANLIEUE B
SCIAGE/PÂTE S
RONDINS PÂTE R
NON-COMMERCIAL N
0 50 100 150 200 km
Approximativement 65km au cm

Les régions 04, 05 et 07 auront alors un déficit d'au-delà de 500,000 tonnes qui devrait être comblé par des surplus de même importance en provenance des régions 02 et 08. Cependant, tout développement industriel d'envergure à base de résidus de sciage dans ces deux régions créera de sérieux problèmes d'approvisionnement dans les régions déficitaires, principalement dans la région 04 dont le déficit prévu est de 425,000 tonnes.

La région 01 aura en 1985 un déficit probable d'environ 125,000 tonnes de résidus, déficit qui pourra s'accroître avec le développement industriel rapide que semble vouloir connaître cette région. Contrairement aux régions déficitaires précédentes, la possibilité de combler le déficit de la région 01 par des importations en provenance des autres régions demeure assez faible.

En ce qui concerne les régions 03 et 05, il importe de souligner qu'une large part des résidus d'usinage provient de scieries dont l'approvisionnement se situe aux Etas-Unis. Il s'agirait que ce pays impose des contraintes aux volumes de coupe pouvant être exportés au Canada pour qu'il surgisse, dans ces régions, des problèmes majeurs d'approvisionnement, au point de voir certaines usines ferner leurs portes. Comme il n'existe aucune solution à court terme à ce problème, souhaitons qu'une telle éventualité ne devra pas être envisagée. Il serait sage, toutefois, que les gouvernements se penchent au plus tôt sur la recherche de solutions de rechange à long terme.

En résumé, seules les régions 02 et 08 sont en bonne posture en ce qui a trait aux résidus d'usinage. Les régions 04 et 01 demeurent les plus vulnérables et devront à brève échéance faire appel à la biomasse disponible en forêt. Les efforts de recherche et de développement en ce domaine devraient donc être axés prioritairement dans ces deux régions.

Si l'on se fie aux estimations de prix présentées dans la section précédente, on peut conclure que l'on devrait d'abord faire porter les efforts sur la récolte des résidus d'exploitation ($14 à 38/tonne) plutôt que sur l'exploitation de peuplements forestiers dégradés ou constitués d'essences non commerciales, ou encore de peuplements non marchands à faible potentiel d'avenir ($40/tonne). Cependant, tel n'est pas le cas. Soulignons d'abord que le prix de revient le plus bas, soit celui qui correspond à la méthode du transport d'arbres entiers à l'usine ($10 la tonne) est très approximatif et qu'il faudra en faire l'essai avant de tirer des conclusions définitives. D'autre part, cette méthode peut difficilement s'utiliser sur routes publiques alors que le transport de la biomasse dans les régions déficitaires devra emprunter de telles routes. Enfin, les prix de revient des deux autres méthodes de récolte des résidus ($30 et $38/tonne) sont également approximatifs et se rapprochent de toute façon du prix correspondant à la récolte de peuplements forestiers. De plus, les résidus de récolte en bordure de route (coût de revient de $30 la tonne) se situent principalement dans les régions 02 et 08, régions qui présentent et qui présenteront encore, en 1985, de forts surplus de résidus d'usinage.

Pour toutes ces raisons, il apparaît que la récolte de biomasse en forêt devrait surtout porter sur l'exploitation de peuplements marchands et non marchands dégradés du Québec méridional. Cette récolte devient d'autant plus intéressante qu'elle peut s'intégrer harmonieusement à la remise en valeur des meilleurs sites du Québec, cependant envahis par une biomasse de faible valeur pour les produits traditionnels.

Afin d'assurer la continuité de l'approvisionnement des usines consommatrices de biomasse, on devra, au fur et à mesure que le territoire de récolte actuelle sera remis en valeur, faire appel aux résidus de coupe et aux plantations d'arbres à croissance rapide comme le peuplier hybride. Cependant, dans ce dernier cas, on devra trouver les moyens de réduire le coût de revient car, actuellement, il s'avère trop élevé

pour permettre de faire face à la concurrence. Ce coût peut s'établir comme suit pour le peuplier hybride, qui est pris à titre d'exemple:

- Rendement prévu: 9 tonnes métriques anhydres/ha/an
- Rotation: 5 ans
- Nombre de récoltes: 5
- Investissement initial: $2,200/ha
- Coût de récolte: $15/tonne anhydre
- Coût de transport: $0.20/tonne/km
- Distance moyenne: 50 km
- Taux d'intérêt: 10%
- Période d'amortissement du capital initial: 25 ans

Coût ($/tonne métrique anhydre):

a. Amortissement (capital et intérêt)	$27
b. Récolte	15
c. Transport (50 km à $0.20)	10
	$52

CONCLUSION

Cette étude permet de conclure que les disponibilités physiques de biomasse forestière sont énormes au Québec, particulièrement dans la zone de la forêt habitée (70% du potentiel total) mais qu'il reste encore beaucoup à faire avant de pouvoir les exploiter économiquement. Le volume total de biomasse disponible annuellement en forêt, sans aménagement extensif, est de 35 millions de m^3, soit 15 millions de tonnes anhydres environ. L'équivalent énergétique de cette biomasse représente annuellement 3.6 milliards de litres de pétrole, soit une valeur monétaire proche d'un milliard de dollars. La biomasse disponible en forêt se présente dans une proportion de 60% sous forme d'arbres entiers de dimensions marchandes. C'est donc vers cette source particulière qu'on devra faire porter les efforts de recherche et de développement.

En plus des efforts de recherche et de développement portant sur divers domaines déjà soulignés, on devra prévoir la récolte de biomasse dans le cadre de plans d'aménagement et de gestion appropriés. De tels plans n'existent pas encore pour la province de Québec.

On devra enfin s'efforcer de mieux cerner les problèmes causés par les conflits d'utilisation, à l'aide du développement et de l'application d'un modèle économique approprié d'offre et de demande des diverses catégories de produits de la biomasse forestière.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, tout particulièrement, les représentants du ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, de la Fédération des Producteurs de Bois du Québec et de l'Industrie Forestière Québécoise.

Annexe 1

RECOLTE, POSSIBILITE ET DISPONIBILITES DE VOLUME MARCHAND BRUT S.E.

RECOLTE, POSSIBILITE ET DISPONIBILITE DE VOLUME MARCHAND BRUT S.E. PAR REGION ET ZONE D'AMENAGEMENT

(000 m^3)

REGION	ZONE D'AMENAGEMENT	PEUPLEMENTS	POSSIBILITE			RECOLTE			DISPONIBILITE	
			SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	AUTRES RES.	FEUILLUS
01	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	812.1	145.9	338.7	812.1	7.7	179.2	138.2	159.5
		FEUIL. + MEL. (F)	71.1	12.6	184.1	71.1	0.7	97.4	11.9	86.7
		TOTAL	883.2	158.5	522.8	883.2	8.4	276.6	150.1	246.2
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	2,868.0	160.6	334.7	2,868.0	58.7	151.6	101.9	183.3
		FEUIL. + MEL. (F)	105.7	6.1	227.2	105.7	2.3	102.7	3.8	124.3
		TOTAL	2,973.7	166.7	561.9	2,973.7	61.0	254.3	105.7	307.6
02	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	279.3	24.9	144.7	279.3	0.8	34.9	24.1	109.8
		FEUIL. + MEL. (F)	50.7	4.5	102.6	50.7	0.1	24.8	4.4	77.8
		TOTAL	330.0	29.4	247.3	330.0	0.9	59.7	28.5	187.6
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	1,816.4	7.3	310.6	1,816.4	3.3	29.3	4.0	281.2
		FEUIL. + MEL. (F)	158.9	0.6	337.7	158.9	0.3	31.9	0.3	305.9
		TOTAL	1,975.3	7.9	648.3	1,975.3	3.6	61.2	4.3	587.1
	PUBLIQUE SCIAGE & PATE	RES. + MEL. (R)	5,835.8	17.5	571.9	5,835.8	0.7	43.5	16.8	528.8
		FEUIL. + MEL. (F)	155.6	0.5	318.1	155.6	-	24.1	0.5	293.6
		TOTAL	5,991.4	18.0	890.0	5,991.4	0.7	67.6	17.3	822.4
	PUBLIQUE PATE	RES. + MEL. (R)	-	-	-	-	-	-	-	-
		FEUIL. + MEL. (R)	-	50.6[1]	92.4	-	-	-	50.6	92.4
		TOTAL	-	50.6	92.4	-	-	-	50.6	92.4
03	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	945.9	128.6	386.9	945.9	8.8	111.0	119.8	275.9
		FEUIL. + MEL. (F)	164.9	22.5	534.8	164.9	1.6	153.3	20.9	381.5
		TOTAL	1,110.8	151.1	921.7	1,110.8	10.4	264.3	140.7	657.4

1) Inclut SAB-EP-PIG.

RECOLTE, POSSIBILITE ET DISPONIBILITE DE VOLUME MARCHAND BRUT S.E. PAR REGION ET ZONE D'AMENAGEMENT

(000 m^3)

REGION	ZONE D'AMENAGEMENT	PEUPLEMENTS	POSSIBILITE			RECOLTE			DISPONIBILITE	
			SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	AUTRES RES.	FEUILLUS
03 (suite)	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	811.9	21.1	161.6	811.9	13.8	45.3	7.3	116.3
		FEUIL. + MEL. (F)	103.7	2.8	193.3	103.7	1.8	54.2	1.0	139.1
		TOTAL	915.6	23.9	354.9	915.6	15.6	99.5	8.3	255.4
04	PRIVEE	RES. + MEL. (F)	229.6	101.3	176.6	229.6	3.9	28.0	97.4	148.6
		FEUIL. + MEL. (F)	79.9	35.2	380.4	79.9	1.4	60.4	33.8	320.0
		TOTAL	309.5	136.5	557.0	309.5	5.3	88.4	131.2	468.6
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	415.9	47.8	111.1	415.9	42.9	35.6	4.9	75.5
		FEUIL. + MEL. (F)	96.4	11.1	215.6	96.4	9.9	70.0	1.2	145.6
		TOTAL	512.3	58.9	326.7	512.3	52.8	105.6	6.1	221.1
	PUBLIQUE SCIAGE & PATE	RES. + MEL. (R)	1,400.0	22.4	327.6	1,400.0	7.4	26.5	15.0	301.1
		FEUIL. + MEL. (F)	376.3	5.7	737.1	376.3	1.9	59.5	3.8	677.6
		TOTAL	1,776.3	28.1	1,064.7	1,776.3	9.3	86.0	18.8	978.7
05	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	225.0	136.8	113.4	225.0	4.5	52.5	132.3	60.9
		FEUIL. + MEL. (F)	62.0	37.7	315.2	62.0	1.3	145.5	36.4	169.7
		TOTAL	287.0	174.5	428.6	287.0	5.8	198.0	168.7	230.6
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	-	-	-	-	-	-	-	-
		FEUIL. + MEL. (F)	3.0	0.1	41.9	3.0	0.1	12.2	-	29.7
		TOTAL	3.0	0.1	41.9	3.0	0.1	12.2	-	29.7
06	PRIVEE	RES. + MEL. ($)	158.2	151.9	192.2	158.2	-	87.9	151.9	104.3
		FEUIL. + MEL. (F)	77.5	74.8	643.6	77.5	-	294.1	74.8	349.5
		TOTAL	235.7	226.7	835.8	235.7	-	382.0	226.7	453.8

RECOLTE, POSSIBILITE ET DISPONIBILITE DE VOLUME MARCHAND BRUT S.E. PAR REGION ET ZONE D'AMENAGEMENT

(000 m^3)

REGION	ZONE D'AMENAGEMENT	PEUPLEMENTS	POSSIBILITE			RECOLTE			DISPONIBILITE	
			SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	AUTRES RES.	FEUILLUS
06 (suite)	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	724.2	120.2	318.6	724.2	25.3	84.4	94.9	234.2
		FEUIL. + MEL. (F)	161.3	26.7	523.4	161.3	5.6	139.0	21.1	384.4
		TOTAL	885.5	146.9	842.0	885.5	30.9	223.4	116.0	618.6
07	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	179.6	190.0	187.5	179.6	1.8	87.0	188.2	100.5
		FEUIL. + MEL. (F)	67.5	71.4	575.9	67.5	0.7	266.6	70.7	309.3
		TOTAL	247.1	261.4	763.4	247.1	2.5	353.6	258.9	409.8
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	170.0	118.5	116.3	170.0	53.8	40.1	64.7	76.2
		FEUIL. + MEL. (F)	228.4	159.4	1,319.8	228.4	72.4	455.6	87.0	864.2
		TOTAL	398.4	277.9	1,436.1	398.4	126.2	495.7	151.7	940.4
	PUBLIQUE SCIAGE & PATE	RES. + MEL. (R)	745.9	94.7	296.1	745.9	63.6	28.9	31.1	267.2
		FEUIL. + MEL. (F)	279.1	35.6	638.4	279.1	23.9	62.3	11.7	576.1
		TOTAL	1,025.0	130.3	934.5	1,025.0	87.5	91.2	42.8	843.3
08	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	35.4	1.5	16.5	35.4	0.4	4.1	1.1	12.4
		FEUIL. + MEL. (F)	22.1	0.9	101.8	22.1	0.2	25.6	0.7	76.2
		TOTAL	57.5	2.4	118.3	57.5	0.6	29.7	1.8	88.6
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	1,979.1	591.7	825.3	1,979.1	171.4	113.4	420.3	711.9
		FEUIL. + MEL. (F)	272.1	83.1	762.2	272.1	24.0	104.7	59.1	657.5
		TOTAL	2,251.2	674.8	1,587.5	2,251.2	195.4	218.1	479.4	1,369.4
	PUBLIQUE SCIAGE & PATE	RES. + MEL. (R)	4,182.8	108.7	610.7	4,182.8	58.5	54.3	50.2	556.4
		FEUIL. + MEL. (F)	270.9	7.3	597.4	270.9	3.9	53.1	3.4	544.3
		TOTAL	4,453.7	116.0	1,208.1	4,453.7	62.4	107.4	53.6	1,100.7

RECOLTE, POSSIBILITE ET DISPONIBILITE DE VOLUME MARCHAND BRUT S.E. PAR REGION ET ZONE D'AMENAGEMENT

(000 m^3)

REGION	ZONE D'AMENAGEMENT	PEUPLEMENTS	POSSIBILITE			RECOLTE			DISPONIBILITE	
			SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	SAB, EP PIG	AUTRES RES.	FEUILLUS	AUTRES RES.	FEUILLUS
08 (suite)	PUBLIQUE PATE	RES. + MEL. (R)	-	-	-	-	-	-	-	-
		FEUIL. + MEL. (F)	-	25.9	40.0	-	-	-	25.9	40.0
		TOTAL	-	25.9	40.0	-	-	-	25.9	40.0
09	PRIVEE	RES. + MEL. (R)	124.7	5.5	28.6	124.7	-	7.3	5.5	21.3
		FEUIL. + MEL. (F)	8.4	0.4	15.7	8.4	-	4.0	0.4	11.7
		TOTAL	133.1	5.9	44.3	133.1	-	11.3	5.9	33.0
	PUBLIQUE BANLIEUE	RES. + MEL. (R)	579.3	2.9	50.4	579.3	0.5	3.1	2.4	47.3
		FEUIL. + MEL. (F)	89.4	0.5	154.5	89.4	0.1	9.6	0.4	144.9
		TOTAL	668.7	3.4	204.9	668.7	0.6	12.7	2.8	192.2
	PUBLIQUE SCIAGE & PATE	RES. + MEL. (R)	1,771.1	3.5	180.6	1,771.1	2.2	5.1	1.3	175.5
		FEUIL. + MEL. (F)	33.5	-	47.5	33.5	-	1.3	-	46.2
		TOTAL	1,804.6	3.5	228.1	1,804.6	2.2	6.4	1.3	221.7
	PUBLIQUE PATE	RES. + MEL. (R)	-	-	-	-	-	-	-	-
		FEUIL. + MEL. (F)	26.6	-	65.3	26.6	-	-	-	65.3
		TOTAL	26.6	-	65.3	26.6	-	-	-	65.3

Annexe 2

PRODUCTION ET UTILISATION DES RESIDUS DU BOIS,

PAR REGION ADMINISTRATIVE, TYPE DE

RESIDUS ET SECTEUR INDUSTRIEL

PRODUCTION ET UTILISATION DES RESIDUS DU BOIS

TYPE DE RESIDUS: Ecorce et rejets
SECTEUR INDUSTRIEL: Pâtes et papiers

REGION ADMINISTRATIVE	SITUATION PRESENTE			SITUATION PROJETEE		
	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)
	(t.m.a.) (1)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)
01	71,111	126,111	55,000	116,111	325,066	208,955
02	81,126	179,746	98,620	85,098	279,860	194,762
03	102,345	82,096	13,605	109,148	174,508	65,360
04	156,301	131,824	10,896	156,301	333,977	177,676
05	36,280	79,816	43,536	45,350	107,479	62,129
06	5,454	-	-	5,454	5,454	-
07	125,782	130,317	4,535	222,945	241,085	18,140
08	59,434	113,839	54,405	59,434	213,839	154,405
09	27,210	40,815	13,605	27,210	63,490	36,280
TOTAL	665,043	884,564	294,202	827,051	1,744,758	917,707

(1) Tonnes métriques anhydres

PRODUCTION ET UTILISATION DES RESIDUS DU BOIS

TYPE DE RESIDUS: Sciures et copeaux de rabotage
SECTEUR INDUSTRIEL: Pâtes et papiers

REGION ADMINISTRATIVE	SITUATION PRESENTE			SITUATION PROJETEE		
	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)
	(t.m.a.) (1)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)
01	-	31,200	31,200	-	73,405	73,405
02	-	43,512	43,512	-	102,188	102,188
03	-	-	-	-	36,525	36,525
04	-	3,540	3,540	-	58,506	58,506
05	-	22,675	22,675	-	29,931	29,931
06	-	-	-	-	-	-
07	4,082	8,617	4,535	4,082	17,687	13,605
08	-	36,280	36,280	-	36,280	36,280
09	-	22,675	22,675	-	49,885	49,885
TOTAL	4,082	168,499	164,417	4,082	404,407	400,325

(1) Tonnes métriques anhydres

PRODUCTION ET UTILISATION DES RESIDUS DU BOIS

TYPE DE RESIDUS: Ecorce et rejets
SECTEUR INDUSTRIEL: Scieries

REGION ADMINISTRATIVE	SITUATION PRESENTE			SITUATION PROJETEE		
	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)
	(t.m.a.)(1)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)
01	84,463	11,156	(26,600)	84,918	10,884	(26,600)
02	274,433	-	(127,646)	274,433	-	(196,578)
03	37,920	6,525	-	37,920	6,525	-
04	20,826	5,814	-	20,826	7,064	(13,762)
05	30,032	5,262	(17,967)	30,032	5,262	(17,967)
06	7,082	3,000	-	7,082	3,000	-
07	8,175	6,359	-	8,175	6,359	-
08	337,448	36,678	(7,500)	337,448	36,678	(28,135)
09	32,442	-	-	40,605	-	(27,000)
TOTAL	832,821	74,794	(179,713)	841,439	75,772	(310,042)

(1) Tonnes métriques anhydres

PRODUCTION ET UTILISATION DES RESIDUS DU BOIS

TYPE DE RESIDUS: Sciures et copeaux de rabotage
SECTEUR INDUSTRIEL: Scieries

REGION ADMINISTRATIVE	SITUATION PRESENTE			SITUATION PROJETEE		
	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)
	(t.m.a.)(1)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)
01	129,655	1,814	(72,060)	129,655	1,814	(72,060)
02	324,680	35,781	(121,072)	324,680	37,595	(177,306)
03	114,912	42,246	(17,685)	114,912	44,816	(17,685)
04	24,489	7,256	(17,233)	24,489	7,256	(17,233)
05	49,810	5,443	(43,035)	49,810	5,443	(43,035)
06	17,966	12,977	(4,082)	17,966	12,977	(4,082)
07	59,075	40,899	(10,908)	69,075	50,899	(10,908)
08	433,776	45,909	(374,292)	433,776	46,816	(373,385)
09	44,384	-	(33,500)	60,710	5,442	(33,500)
TOTAL	1,198,747	192,325	(693,867)	1,225,073	213,058	(749,194)

(1) Tonnes métriques anhydres

PRODUCTION ET UTILISATION DES RESIDUS DU BOIS

TYPE DE RESIDUS: Copeaux avec écorce
SECTEUR INDUSTRIEL: Pâtes et papiers

REGION ADMINISTRATIVE	SITUATION PRESENTE			SITUATION PROJETEE		
	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)	PRODUCTION	UTILISATION POUR ENERGIE	ACHAT (VENTE)
	(t.m.a.)(1)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)	(t.m.a.)
01	7,200	7,200	-	22,200	22,200	-
02	-	-	-	-	-	-
03	3,628	3,628	-	45,350	45,350	-
04	-	-	-	-	-	-
05	-	-	-	-	-	-
06	-	-	-	-	-	-
07	-	-	-	-	-	-
08	-	-	-	-	16,320	16,320
09	-	-	-	-	-	-
TOTAL	10,828	10,828	-	67,550	83,870	16,320

(1) Tonnes métriques anhydres

Annexe 3

VOLUMES DE BIOMASSE PAR BLOCS DE COMPILATION ET UNITES D'ETUDE

L'annexe 3 est disponible, sur demande individuelle, en s'adressant au:

Programme ENFOR,
Centre de Recherches forestières des Laurentides
1080, Route du Vallon, C.P. 3800
Sainte-Foy, Qué.
G1V 4C7

Cette annexe, dont un exemple est donné à la page 8 du rapport, consiste en 204 pages d'imprimante d'ordinateur et contient les compilations de base ayant servi au travail.

SOLAR DRYING OF HOGGED WOOD AND BARK FUELS

M. S. White
Extension Specialist, Wood Products
Department of Forestry and Forest Products
Virginia Polytechnic Institute and State University
Blacksburg, Virginia

Abstract

An attempt is made to evaluate the feasibility of drying hogged wood fuel using solar energy. Two basic approaches are considered:

1) solar collector augmented particle dryer
2) air drying

A hypothetical solar augmented particle dryer with an auxiliary flue gas energy supply was designed using performance data from an existing flue gas fired drum drier and the predicted performance of typical hot air flat plate solar collectors. Projected annual costs were compared to the potential income from drying fuel. By varying the size of the system and by introducing flue gases the best alternative configuration was determined. Because of the relatively high cost of the solar collectors necessary for drying the optimum design is only marginally profitable.

Three experimental air drying piles consisting of pine bark, pine and mixed hardwood sawdust, and hardwood bark were constructed by overhead conveyors, pneumatics, and a front-end-loader respectively. Internal temperatures, moisture content, and fuel values were measured periodically during five months exposure to the elements. The pine bark pile was hottest at about 190°F and dried from 80% to 30% moisture (dry basis) in one month. Sawdust dries much more slowly. The hardwood bark pile, because of its relatively low angle of repose, accumulated moisture during the five month storage. The fuel values (BTU/dry pound) increased by 5-7% during storage in all piles studied.

Introduction

This paper concerns the drying of wood or bark particles. The need to dry wood particles was first evident as a need to predry composite board furnish. Such drying is traditionally performed in drum and/or flash tube dryers. Furnish dryers are fired with gas, oil, or more recently wood burners. Today there is much interest in predrying the sawmill wood residues for use as a fuel. Dry wood fuels contain more usable energy. A pound of wood with 30% moisture (dry basis) contains about 6258 BTU's of usable energy. This same wood with 100% moisture contains only 3642 BTU's per pound. Predrying has also been shown to reduce particulate emissions in flue gases (1). Excessive moisture retards combustion; therefore, unused combustible ash will leave the boiler causing an objectionable plume. Wood fired predryers, a must where dry fuels are unavailable for dry fuel fired burners, consume about 33% of the green residue for drying (2).

Drying is a prerequisite for the conversion of wet residues to process energy. When not predried, the fuel will be dried in the conversion chamber itself. In general for green residues an equivalent of 13-15% of the green residue (100% dry basis) is needed to dry the remaining fuel for combustion (3).

The cost of this drying, whether in a predryer or in the conversion chamber, is the cost of the alternative use of the additional wood fuel needed to accomplish the drying. In contrast to board furnish, the value added to wood as a fuel by predrying is small; therefore, an inexpensive energy source for the fuel drying is necessary.

It is not considered practicle to dry wood fuel below 30% moisture (dry basis) for the following reasons: 1. More energy is required to remove water from wood below the fiber saturation point (30%) and therefore the cost of this drying is greater than the cost of removing moisture above the fiber saturation point. 2. Drying wood below the fiber saturation point tends to remove valuable combustible volatile chemicals. 3. These volatiles form the so-called "blue haze" which contributes to air pollution. Temperatures above 500°F also causes the blue haze problem.

The sun provides a readily available, inexpensive energy source for predrying wood residues for fuel at low temperatures.

The purpose of this paper is to examine the use of solar energy for drying sawmill wood and bark residues for fuel. This is a feasibility study. Two basic concepts will be considered:

I. solar collector augmented particle dryer
II. air drying

System I is a hypothetical dryer consisting of a typical rotary drum drier with conventional feed and storage facilities. Energy is primarily supplied by a series of flat plate hot air solar collectors. The auxiliary energy source is flue gases exhausted from a wood fired 20,000 pph boiler.

System II is a typical outside storage facility for wood particles, consisting of exposed conical piles of residues constructed with overhead conveyences or a front-end-loader.

I. Solar Collector Augmented Particle Dryer

Figure 1 is a schematic diagram of the solar particle dryer. The hog is for remanufacturing large particles. A large storage facility is necessary to regulate the flow of residues according to the available insolation. The metering bin regulates the flow of the residues into the drum. A control system coordinates the flow of residue with energy available from either the solar or auxiliary source. The drum drier is a three pass rotary type with a cyclone collector attached.

This system is designed to dry the sawdust produced by a hypothetical circle sawmill with a daily lumber production of 35,000 board feet. Such a sawmill produces about 20 green tons of green sawdust per day containing about 20,000 pounds of water. To dry this residue to 30% moisture dry basis requires the removal of 14,000 pounds of water daily. In conventional rotary drum dryers the energy required to remove the moisture is about 1,800 BTU/pound of H_2O (4). Therefore as shown in Table 1, the energy required to dry the residue is 25.2 MM BTU/day. At this latitude typical flat plate hot air collectors can supply 400 BTU/day/ft^2 to the drum dryer (5). Therefore, 63,000 ft^2 or 1.45 acres of collection surface is required to dry the daily production of sawdust to 30% moisture. At $10.00/ft^2 the collectors alone would cost $630,000. The rotary dryer feed, storage, and control system would cost about $230,000. Including installation the total cost of the facility is about $900,000. If a consumer is currently burning No. 2 oil and pays the equivalent for the energy in wood as for the energy in oil at 40¢ per gallon of oil from Table 1, the maximum value added to a pound of green wood by removing 70% of its moisture is $.0075. If 5,000 tons are dried a year the system earns $75,000 annually. Table 1 also contains the estimated annual costs and incomes for smaller solar systems capable of removing less moisture. It is evident by comparing Column 4, "Annual Cost 100% Solar" with Column 7, "Annual Value Added to Fuel by Drying", that drying the sawdust produced by a typical sawmill using solar collectors alone is not practical. This is primarily due to the large collector area required and their subsequent high costs.

Reduce the collector area by adding an auxiliary energy source. Flue gases are chosen as the auxiliary energy source because for those mills with boilers this is a potentially large and inexpensive source of energy. A 20,000 pph boiler operating at 65% efficiency will vent from the stack about 6 MM BTU/hr. If 40% of this is useful energy for the residue dryer, 19.2 MM BTU's are available to dry 8 hours of sawdust production. From Table 1 it is evident that this energy alone is sufficient to dry the residue to less than 50% moisture. Therefore, the annual cost for the combined system is that for the flue gas system alone, $49,357. Solar collectors are added. To remove the remaining moisture (below about 45%) the higher annual expense of drying to 40 and 30% moisture reflects the added cost of the solar collectors. Assuming that the delivered price of green sawdust as a fuel is greater than alternative uses, under the conditions outlined in the example in Table 1, a system capable of drying, the residue produced, to 40% moisture using flue gases and about 6,000 ft^2 of solar collectors could be marginally profitable. If a mill could provide its own labor for installation and reduce some of the hardware expense, then as the value of wood as a fuel increases and solar technology advances, solar dryers may have a future as wood fuel dehydrators.

II. Air Drying

The air drying of hogged wood fuels was recently proposed by Cassens and Choong (6). As in lumber drying the object is to dry material during exposure to the elements using a combination of ambient air and daily insolation. Common to all piles of green residues is a spontaneous internal heating caused by respiration, and biological and chemical reaction (7). Presented here are the results of an investigation into the potential of this internal and external energy to dry piled residues.

Three residue piles shown schematically in Figure 2 were constructed by two Virginia sawmills. The "x"s denote the approximate location of thermocouples. The dimensions are approximate. Pile A and B were constructed within 10 days. Pile C was continually constructed for five months. All piles were monitored for internal temperature, moisture content, and fuel value (BTU/oven-dry pound) from July 26 to December 26, 1976. Moisture content was determined by the oven-dry method. Fuel values were determined in a Parr adiabatic oxygen bomb calorimeter in accordance with ASTM (Designation: D 2015-66). All values are corrected to zero moisture content.

Table 1. -- COST AND INCOME OF A SOLAR AND SOLAR-FLUE GAS HOGGED WOOD RESIDUE DRYER AS A FUNCTION OF MOISTURE REMOVED

Moisture Content (% O.D.Wt.)	Energy Required To Dry (BTUx10^6)	Capital Invested In Equipment (Dollars)	Annual Cost[1] 100% Solar (Dollars)	Annual Cost[2] Solar Collector And Flue Gas (Dollars)	Value Added To The Fuel By Drying (Dollars/Green #)	Annual Value Added To Fuel By Drying (Dollars)
30	25.2	900,000	166,915	75,510	.0075	75,000
40	21.6	810,000	151,224	58,075	.0060	60,000
50	18.0	720,000	135,532	49,357	.0047	47,000
60	14.4	630,000	119,841	49,357	.0035	35,000
70	10.8	540,000	104,149	49,357	.0025	25,000
80	7.2	450,000	88,458	49,357	.0016	16,000
90	3.6	360,000	72,766	49,357	.0008	8,000

[1] Annual costs based on an 8% mortgage interest for 20 years and 10% operationg expenses.

[2] Same as above, less $30,000 capital investment for the storage system which would no longer be necessary and less the capital required to purchase the solar collectors which have been replaced by the auxiliary system. Cost of added duct work and controls is $3,000 per annum.

Figure 3 shows the variations of internal temperatures in the hottest zone of the three residue piles. The bark piles are constantly hotter than the sawdust pile. Pine bark is the hottest. Generally, other regions in any of these piles were within 15°F of the maximum indicated in the figure. All residue piles reach maximum temperatures during the first few weeks of storage and although these temperatures fluctuate daily, they remain high for the five months of storage. Water vapor can usually be seen exiting the tops of all the residue piles studied.

Figure 4 contains the average moisture content (of five measures) within the respective piles on the dates indicated. The interior of the pine bark dries to about 30% moisture during the first month of storage. The sawdust pile appears to dry slowly for five months. The average internal moisture content decreases by only 15%. Sawdust is less hydrophobic than bark and may be significantly affected by daily precipitation.

The internal moisture content of the hardwood bark pile fluctuated greatly. The net affect is an increase in moisture over the five months of the study. This is probably because the pile was being continually constructed and rain could readily accumulate inside the pile. The angle of repose of the hardwood bark pile was flatter than the sawdust and pine bark piles and therefore rather than running off rain water probably penetrated into the center. Also, bark removed by rosser-head type debarkers usually contains large amounts of hydrophillic wood.

Figure 5 is a plot of moisture content as a function of distance from the surface of the pile (seven feet from the ground) after five months storage. All piles are saturated with water on the surface. The source of this water is rain and perhaps also water vapor coming from within the pile and condensing on the surface. The hardwood bark pile is wettest over all. This pile geometry and piling procedure (Figure 2) is not desirable for fuel storage. The conical pile allows run-off of daily precipitation. The run-off is evident in the steeper moisture gradients from the surface to the center of the sawdust and pine bark piles and most evident within the pine bark pile. Only a one foot region on the outside is saturated. The very steep gradient is due to the reported hydrophobic nature of the pine bark (8). Pine bark particles from a ring debarker are platelike and flat and seem to shed water. Whether these moisture gradients change with storage time is unknown. However, from observations made over five months the outer portions of all the piles are constantly saturated with moisture and unaffected by daily insolation. The average moisture content of the pine bark pile is a weighted average based on the residue volumes saturated and the volume with 30% moisture. For this experimental pile this is about 44% (dry basis).

Figure 6 is a plot of heat value as a function of storage time for the three residue piles. The energy content of the pine wood or bark is respectively 6% and 11% greater than that measured for the hardwood bark. Notice also the consistent increase in fuel value with storage time in every pile. This increase may be the indirect result of oxidation of the oxygen bearing components of the wood and bark. The subsequent loss of mass results in a higher unit fuel value. Crude measurements made during the study indicate the specific gravity of a unit of residue decreases during storage. The increase in fuel value appears to subside after three of four months storage.

The changes in the moisture content and fuel values, together with the affects of pile geometry and constitution indicate further research is necessary to determine the optimum length of storage and storage methods for wood fuel.

Conclusions

1. Continuous solar wood fuel dryers are hardware intensive requiring large capital expenditures. A solar dryer augmented with flue gases from an existing boiler can be marginally profitable for predrying sawdust fuels when considered within the constraints of this example.

2. The interior of large cone shaped pine bark piles dries within one month to 30% moisture (dry basis). Internal temperatures exceed 190°F. An outer layer in all residue piles approximately one foot deep remains saturated during storage.

3. Sawdust in large cone shaped piles exposed to the elements dries very slowly. After five months the average moisture content of the pile decreases by 10-15% from the green condition.

4. The hardwood bark pile studied is not a practical storage system because the angle of repose of the residue pile is low and bark from rosser head debarker contains some hydrophillic wood which allows moisture to permeate.

5. The fuel value per pound of bone dry wood or bark increases during five months of storage by 5-6%.

6. Certain residues, stored in conically shaped piles, dry rapidly as a result of internal heating. Preparation of hogged wood fuels by outside storage is promising. Research is needed to determine the optimum outside storage procedure.

References

1. Thompson, S. P. 1975. Fuel Preparation Systems Using a Rotary Dryer. Proceedings of the Conference, Wood Residue As An Energy Source. FPRS Proc. No. P-15-13. p. 50-56.

2. Williams, R. 1976. Simultaneous Grinding, Drying, Sizing, and Conveying of Wet Bark for Fuel Preparation. Paper presented at the Conference, Energy and the Wood Products Industry, Nov. 15-17, 1976. Atlanta, Georgia.

3. Corder, S. E. 1975. Fuel Characteristics of Wood and Bark and Factors Affecting Heat Recovery. Proceedings of the Conference, Wood

Residue As An Energy Source. FPRS Proc. No. P-75-13. p. 30-34.

4. Comstock, G. L. 1975. Energy Requirements for Drying of Wood Products. Proceedings of the Conference, Wood Residue As An Energy Source. FPRS Proc. No. P-75-13. p. 8-12.

5. Duffie, J. A., and Beckman, W. A. Solar Energy Thermal Processes. John Wiley and Sons, 1974, NY. pp. 386.

6. Cassens, D. L. and Choong, E. T. 1976. Fuel Values of Southern Hardwood Mill Residues. Southern Lumberman 233(2893):11 and 14.

7. Assarsson, A., Croon, I, and Frisk, E. 1970. Outside Chip Storage. Svensk Papperstidning 73(16):493-501.

8. White, M. S., Ifju, G., and Johnson, J. A. 1974. The Role of Extractives in the Hydrophobic Behavior of Loblolly Pine Rhytidome. Wood and Fiber. 5(4):353-363.

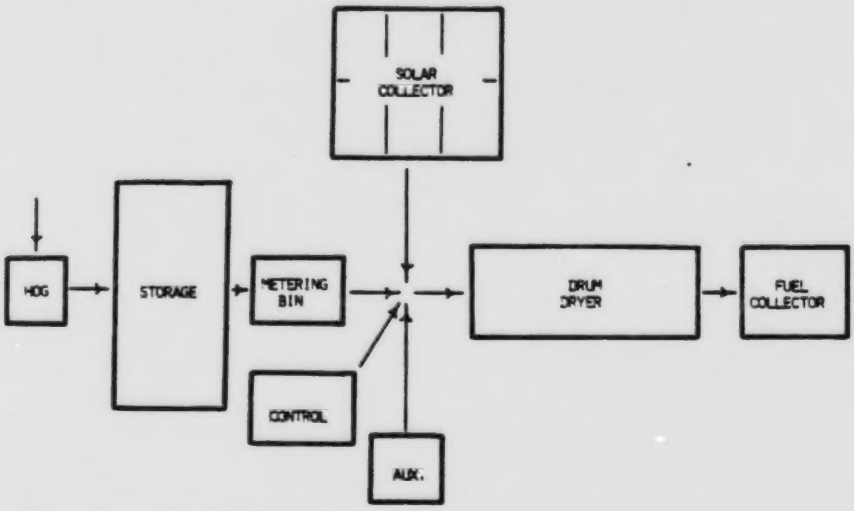


Figure 1.--Schematic diagram of a solar collector augmented hogged wood dryer.

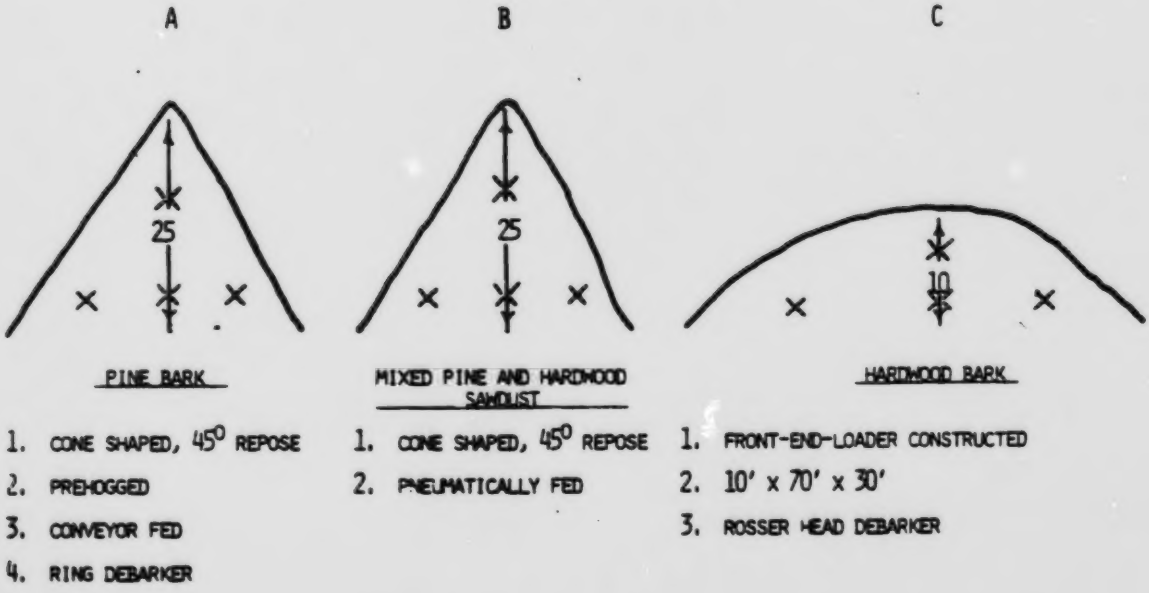


Figure 2.--Schematic diagram of air drying piles containing hogged wood residues.

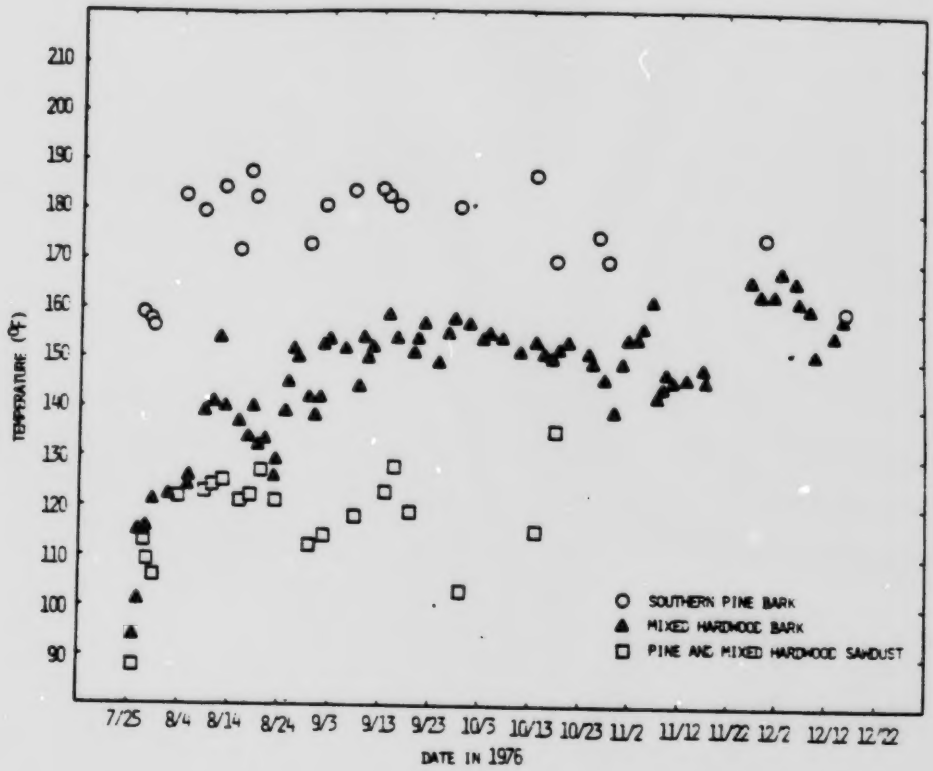


Figure 3.—Maximum internal temperatures in air drying piles of hogged wood residues as a function of storage time.

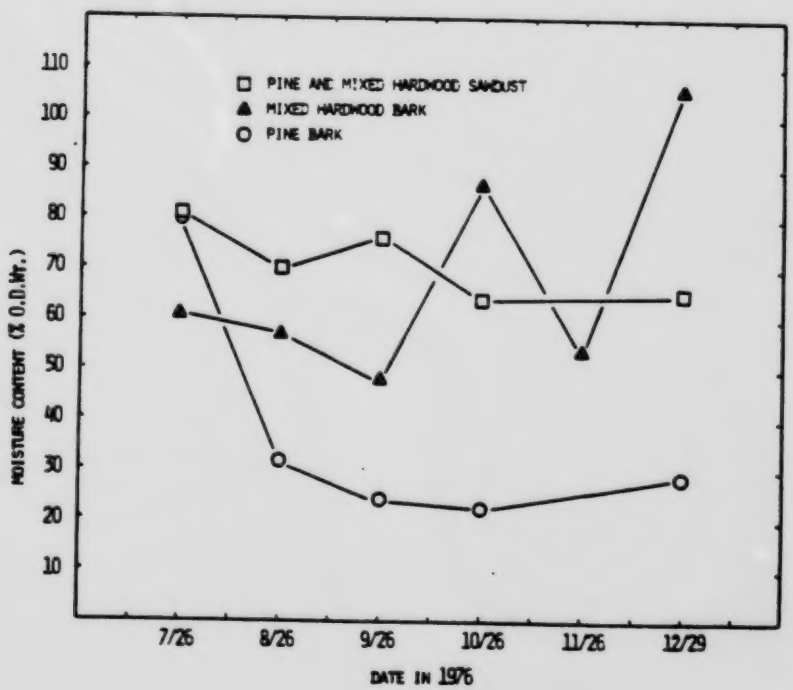


Figure 4.—Average internal moisture content in air dry piles of hogged wood residues as a function of storage time.

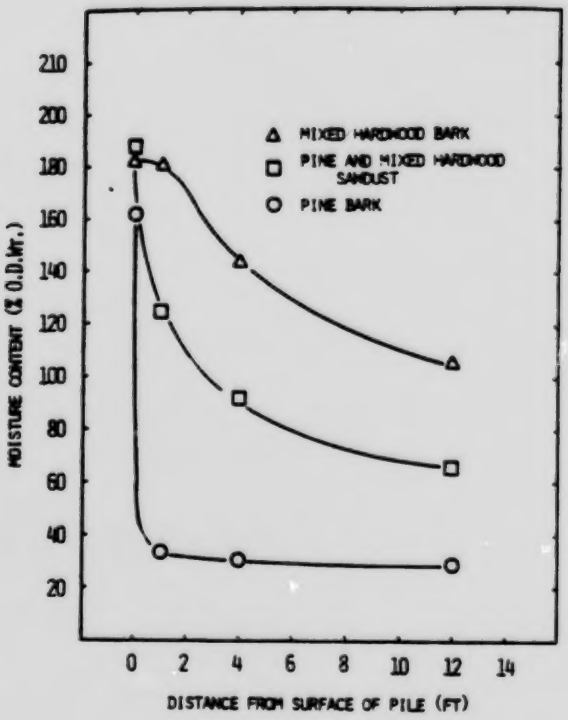


Figure 5.—Average moisture content of air drying piles of hogged wood residues after 5 months storage as a function of distance from the surface of the storage pile.

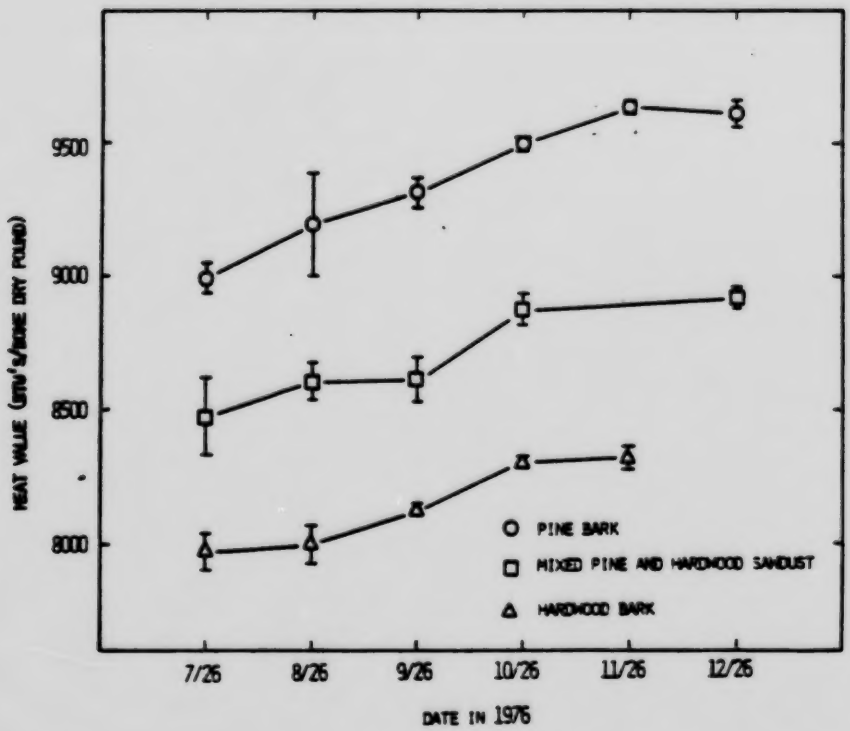


Figure 6.—Average heat value of hogged wood residues inside air drying piles as a function of storage time. (Brackets denote standard deviations.)

NOTE ON ENERGY REQUIREMENTS FOR HEATING VENEER LOGS

by
H. Peter Steinhagen
Graduate Research Assistant
Department of Forestry
The University of Wisconsin-Madison

Veneer logs are usually heated prior to slicing or peeling, in order to plasticize the wood. The energy consumed during a heating operation is the sum of the heat stored in the wood plus certain heat losses to the surroundings. Such losses, which are due to warming up the vat, or chamber, and to heat flow from the vat to the outside, may be substantial and depend largely on the temperature difference between the inside and the outside of the vat, and on its thermal insulation. Kuhlmann (1962), for instance, observed losses of up to 95% of the total energy consumed during the heating process. No further discussion of the heat losses is intended here, however.

The energy transferred to the logs can be determined as

$$Q''' = c \cdot \rho \cdot (T_f - T_i)$$

where

Q''' = Energy storage per unit volume (kcal/m^3)
c = Specific heat (kcal/kg·°C)
ρ = Density (kg/m^3)
T_i = Initial temperature (°C)
T_f = Final temperature, averaged over the cross section of the piece (°C)

T_f is approximately equal to the arithmetic mean for the ambient temperature and the desired temperature at the log center. Since c is temperature-dependent (Kanter, 1957), an average value for the temperature difference $T_f - T_i$ must be used in the computations. This average value of c must also include the latent heat of fusion of water when thawing of frozen logs is considered.

However, the time needed for the desired temperature change will vary with the diameter of the logs and with other factors (Fleischer, 1959).

Example 1

Green Douglas-fir logs of uniform diameter, initially at $T_i = 10°C$, are to be heated in an ambient of 75°C till the log centers reach a temperature of 65°C (Lutz, 1972), so that $T_f = \frac{75 + 65}{2} = 70°C$. Specific gravity, SG, based on ovendry mass and green volume, is 0.45, and the average moisture content, MC, based on the ovendry weight of wood, is assumed to be 40% (USDA Wood Handbook, 1974). Since $T_{avg} = \frac{T_i + T_f}{2} = 40°C$ and MC = 40%, the specific heat is c = 0.628 kcal/kg·°C (Kanter, 1957).

The density is

$$= SG \cdot 1000 \cdot \left(\frac{100\% + MC}{100\%}\right) = 630 \text{ kg/m}^3.$$

Consequently,

$Q''' = (0.628)(630)(70-10) = 23738$ kcal/m^3, or 2667 Btu/ft^3.

Example 2

Northern red oak, SG = 0.56, MC = 80%, $T_i = 10°C$, $T_f = 80°C$.

For $T_{avg} = 45°C$ and MC = 80%,

c = 0.738 kcal/kg·°C

$\rho = 1010$ kg/m^3.

$Q''' = (0.738)(1010)(80-10) = 52177$ kcal/m^3, or 5863 Btu/ft^3.

Example 3

Frozen northern red oak, SG = 0.56, MC = 80%, $T_i = -20°C$, $T_f = 80°C$. If the wood undergoes complete thawing, the specific heat, c, is averaged over the whole temperature range as follows:

a) $T_{avg,\ <0°C} = \frac{-20 + 0}{2} = -10°C$ and MC = 80%, the value of $c_{<0°C} = 0.731$ kcal/kg·°C or, multiplied by the temperature difference $\Delta T_{<0°C} = 20$ degrees, $(c \cdot \Delta T)_{<0°C} = (0.520)(20) = 10.40$ kcal/kg.

b) $T_{avg,\ >0°C} = \frac{0 + 80}{2} = 40°C$ and MC = 80%, the value of $c_{>0°C} = 0.731$ kcal/kg·°C or, multiplied by the temperature difference $\Delta T_{>0°C} = 80$ degrees, $(c \cdot \Delta T)_{>0°C} = (0.731)(80) = 58.48$ kcal/kg.

c) The latent heat of fusion of free moisture, $\Delta H_f \left(\frac{MC-30\%}{100\% + MC}\right)$, with $\Delta H_f = 80$ kcal/kg water, assumes a value of $80\left(\frac{80-30}{100 + 80}\right)$, or 22.22 kcal/kg moist wood. (This term must be set equal to zero whenever MC < 30%!)

Combining the above terms and dividing by the temperature difference $T_f - T_i$, one finally obtains $c = \frac{10.40 + 58.48 + 22.22}{80 + 20} = 0.911$ kcal/kg·°C.

$\rho = 1010$ kg/m^3.

$Q''' = (0.911)(1010)(80 + 20) = 92011$ kcal/m^3, or 10338 Btu/ft^3.

Example 4

Frozen aspen, SG = 0.35, MC = 100%, $T_i = -20°C$, $T_f = 20°C$.

Prepared for "Practical Application of Solar Energy to Wood Processing--A Workshop," Jan. 6-7, 1977, at VPI & SU, Blacksburg, Virginia.

For $T_{avg,\ <0^{\circ}C} = -10^{\circ}C$ and MC = 100 %, and $\Delta T_{<0^{\circ}C}$ = 20 degrees, $(c \cdot \Delta T)_{<0^{\circ}C} = (0.522)(20) =$ 10.44 kcal/kg.

For $T_{avg,\ >0^{\circ}C} = 10^{\circ}C$ and MC = 100%, and $\Delta T_{>0^{\circ}C}$ = 20 degrees, $(c \cdot \Delta T)_{>0^{\circ}C} = (0.726)(20) =$ 14.52 kcal/kg.

$H_f(\frac{MC-30\%}{100\% + MC}) = 80(\frac{100-30}{100 + 100}) = 28.00$ kcal/kg.

Thus,

$$= \frac{10.44 + 14.52 + 28.00}{20 + 20} = 1.324 \text{ kcal/kg}\cdot^{\circ}C.$$

$\rho = 700$ kg/m^3.

$Q''' = (1.324)(700)(20 + 20) = 37072$ kcal/m^3, or 165 Btu/ft^3.

Because of the large energy demands indicated by these examples (which do not include energy losses in the heating system), it is not feasible to consider solar energy veneer log heating.

Literature Cited

Fleischer, H. O. 1959.
Heating rates for logs, bolts, and flitches to be cut into veneer. USDA, Forest Prod. Lab., Madison, WI Rept. No. 2149. 10p., fig.

Kanter, K. R. 1957.
(The thermal properties of wood). Derev. Prom. 5(7):17-18. (Russ). English Transl. by U. S. Dep. Com., Office Tech. Serv. OTS 60-51033.

Kuhlmann, A. 1962.
(Heat consumption and heat balances for the steaming of Gaboon peeler logs). Holz Roh- Werkst. 20(6):224-235. (Ger).

Lutz, J. F. 1972.
U. S. veneer species information. USDA, Forest Prod. Lab., Madison, WI 57p.

USDA Wood Handbook. 1974. USDA, Forest Prod. Lab, Madison, WI Agr. Handb. 72, rev.

Technical Note

Moisture changes in oak and hickory fuel chips on roofed and unroofed Louisiana air-drying grounds as affected by pile depth and turning of chips

Peter Koch

Abstract

Freshly cut whole-tree hickory chips had lower moisture content (MC) initially and dried more rapidly than those of southern red oak. Such chips spread during April 1981 in roofed trays did not dry to 20 percent MC, ovendry-weight basis, faster than those spread in October 1980. In roofed trays, unturned chips spread 4 inches deep generally dried more rapidly than if spread 8 or 12 inches deep. Times to 20 percent average MC for layers 4, 8, and 12 inches deep were 78 to 94, 79 to 136, and 81 to 150 days, respectively.

Twelve-inch-thick layers of southern red oak chips in unroofed trays increased in MC with time, but less so if turned weekly. Twelve-inch-thick layers of southern red oak chips in roofed trays dried considerably faster if turned. Even when in roofed trays and turned weekly, however, 87 days of drying were required to reach 31 percent average MC and 151 days to reach 29 percent MC.

Fresh whole-tree oak and hickory fuel chips are nearly half water by weight. To increase their burning efficiency they can be air-dried on drying grounds, predried in machines independent of combustion furnaces, dried in conveyors enroute to the combustion zone, or dried in the combustion zone as they are burned.

Drying of fuel chips prior to storage not only increases the efficiency with which they are burned but also reduces danger of spontaneous combustion in fuel piles. This paper summarizes a study[1] of the effects of pile depth (4, 8, and 12 in.) and season (winter and summer) on time to air-dry whole-tree oak and hickory chips spread in roofed trays. A second phase of the study evaluated the effect of periodic turning (mixing) on average moisture content (MC) of whole-tree oak chips in 12-inch-deep piles air-dried in roofed and unroofed trays.

Roofed drying grounds — effect of pile depth

In November 1980 and April 1981, 1-inch-long whole-tree chips of southern red oak (*Quercus falcata* Michx.) and true hickory (*Carya* sp.) from trees 5 to 7 inches in diameter freshly cut in central Louisiana were placed in open-top boxes with solid bottoms, drain holes provided, and expanded-metal screen sides (Fig. 1, top). Trays measured 6 feet square with sides 4, 8, and 12 inches high and were replicated. Each tray had a rigid cover (with 1-ft. overhang all around) supported about 12 inches above the top of the tray and was elevated about 24 inches clear of the ground in a single row with about 8 feet between trays.

Each entire tray with chips was weighed about every 7 days to determine (after taring out tray weight) green weight of the chips. At the conclusion of air-drying, the entire contents of each chip tray were oven-dried and weighed and periodic average MCs computed.

Moisture contents of the green whole-tree chips when loaded in the trays averaged as follows: southern red oak cut in November 1980 (69%) and April 1981 (85%); hickory cut November 1980 (55%) and April 1981 (65%). Part of the difference between November and April chips was probably attributable to a several-day

[1]Koch, P. 1982. Time to air-dry hickory and southern red oak whole-tree chips spread to various depths in roofed drying trays in November 1980 and April 1981 in central Louisiana. Fin. Rept. FS-SO-3201-10, dated May 19, 1982. USDA Forest Serv., Southern Forest Expt. Sta., Pineville, La.

The author is Leader, Special Project, Utilization of Lodgepole Pine in North America, USDA Forest Serv., Intermountain Forest & Range Expt. Sta., Drawer G, Missoula, MT 59806. He was formerly Chief Wood Scientist, Southern Forest Expt. Sta., Pineville, La. This paper was received for publication in November 1982.

© Forest Products Research Society 1983
Forest Prod. J. 33(6):59-61.

Figure 1. — Tray storage simulating drying grounds (TOP): Roofed trays with expanded metal sides and solid, but perforated bottoms loaded to 4-, 8-, and 12-inch depths (BOTTOM) Roofed and unroofed trays with solid sides and perforated bottoms simulating an extensive paved drying ground on which a 12-inch layer of fuel chips could be turned with a plow or bulldozer. Weighing apparatus shown connected to tray in foreground.

delay in getting the trays constructed in November 1980, so chips were stored several days under a tarp before loading in trays.

Times to reach 40, 30, and 20 percent average MC (ovendry-weight basis) are shown in Table 1 (see Fig 2). In most instances, chips spread 4 inches deep dried more rapidly than if spread 8 or 12 inches deep. Hickory chips had lower green MC initially and dried more rapidly than southern red oak. Chips spread in April 1981 did not dry to 20 percent MC faster than those spread in October 1980.

Roofed and unroofed drying grounds — effect of turning the chips

Paved drying grounds might be roofed or unroofed, and chips could be turned with plow or bulldozer or left unturned. To compare roofed to unroofed exposure in Louisiana and to evaluate the effect of turning the chips, an experiment was performed[1] in which southern red oak whole-tree chips were piled 12 inches deep in trays similar to those described under the previous heading, except that tray sides and bottoms were of solid sheet metal drilled for drainage (Fig. 1, bottom). Factors in the experiment were as follows:

- — chips turned weekly with a shovel vs. chips not turned
- — chips under roof vs. chips not roofed
- — replications: two

The whole-tree southern red oak chips were harvested

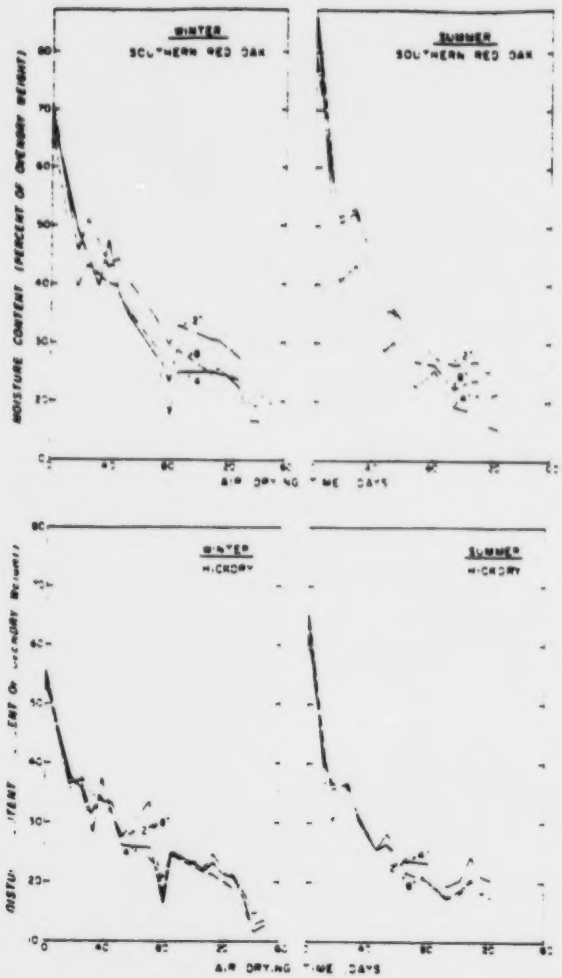


Figure 2 — Average moisture content of southern red oak (TOP) and true hickory sp. (BOTTOM) whole-tree chips vs time in roofed 6-foot-square drying trays related to depth of chips in trays (4, 8, and 12 in.) and season. Winter-dried chips were placed in the trays in November 1980; those summer-dried were placed in the trays in April 1981.

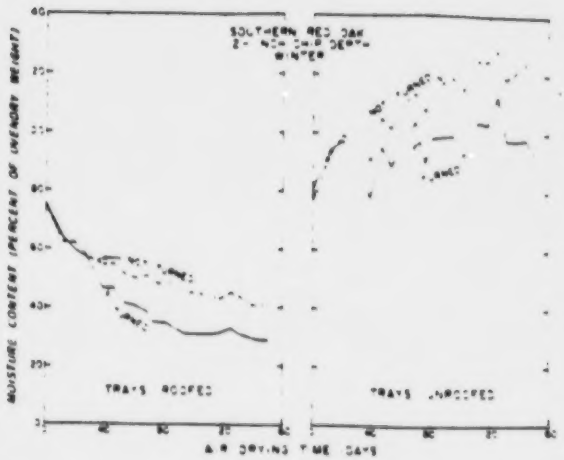


Figure 3 — Average moisture content of southern red oak whole-tree chips piled 12 inches deep related to time in roofed and unroofed 6-foot-square trays with solid (but drained) sides and bottoms—half turned weekly with a shovel and half unturned. The freshly harvested chips were loaded in the trays October 15, 1981.

TABLE 1. — *Times to reach 40, 30, and 20 percent average moisture content (ovendry-weight basis).*[1]

MC and pile depth, in.	Southern red oak		Hickory	
	Winter	Summer	Winter	Summer
	days required to dry			
40%				
12	54	48	14	12
8	18	40	15	14
4	32	33	15	11
30%				
12	81	73	52	38
8	70	62	49	35
4	65	47	31	38
20%				
12	150	—	81	124
8	136	124	79	82
4	79	94	78	92

[1]Each value is the average of two replicates.

in central Louisiana on October 15, 1981, and immediately placed in trays, weighed weekly, and after 151 days ovendried and their weight recorded. Initial MC of the chips in roofed trays was 75 percent of ovendry weight; that of chips in the unroofed trays was 77 to 81 percent.

Chips in unroofed trays increased in MC with time, but less so if turned weekly (Fig. 3).

Chips in roofed trays dried considerably faster if turned. Even when in roofed trays and turned weekly, however, 87 days of drying were required for these southern red oak whole-tree chips in 12-inch-deep piles to reach 31 percent MC. At the end of the 151-day experiment, the turned chips had 29 percent MC. Those not turned had 41 percent MC, ovendry-weight basis (Fig. 3).

Conclusions

These results suggest that air-drying of fuel chips in shallow unroofed piles is probably impractical in the Midsouth.

If under roof, and turned ("mixed") periodically, oak and hickory whole-tree fuel chips in piles not more than a foot deep can be dried to 30 percent average MC in 2 to 4 months in the Midsouth—both summer and winter. It seems doubtful, however, that an economic argument could be made for such a procedure.

NORTH CENTRAL FOREST EXPERIMENT STATION

NC-293

FOREST SERVICE-U.S.D.A.

1985

AIR DRYING OF CHUNKWOOD AND CHIPS

Joseph B. Sturos, *Mechanical Engineering Technician,*
Lynne A. Coyer, *Industrial Engineering Technician,*
and **Rodger A. Arola**, *Principal Mechanical Engineer,*
Houghton, Michigan

ABSTRACT.—A new method of comminuting wood has resulted in a new wood particle form called chunkwood, which is much larger than the common pulp-size chip. Chunkwood appears well suited for use as a fuel but nothing is yet known about its storage, drying, or combustion characteristics. This paper reports on two exploratory drying experiments we conducted to see whether chunks, with their much larger interparticle voids, dry more readily than chips. In one experiment we used natural convective ambient air to dry chunks and chips and found that chunks dried much faster than chips. In another experiment we used forced ambient air to dry chunks and chips and found that chips dried faster than chunks. However, the chunks offered much less resistance to forced air flow and thus required less fan energy. We recommend that larger, more controlled studies be undertaken to further document the ambient drying characteristics of chunkwood as compared to chips.

KEY WORDS: Energy wood, fuel, moisture content, biomass for energy, fuel enhancement, fuel characteristics.

Today wood is increasingly used for generating industrial energy—mainly process steam and heat. The principle source of energy wood has been mill residues. But recently, whole-tree chips have been gaining in use mainly because they are readily available in large quantities due to the commercial introduction and widespread use of whole-tree portable chipping machines. Although conventional whole-tree chips can be sucessfully combusted in solid fuel boilers, they are not necessarily the most desirable form for wood as a solid industrial fuel. For example, they tend to have high solid particulate emissions because of the high flue gas velocities when burned in industrial scale combustors. Additionally, chips tend to layer and thereby restrict the flow of underfire combustion air. Pulp-size chips also cause bridging problems, require considerable energy to produce, have a low bulk density, and layer closely when stored in piles and thus restrict the movement of air necessary for natural drying. This lack of venting in chip piles also contributes to heat build up and fire danger.

In conjunction with harvesting operations, we have explored ways to comminute small diameter trees and logging residue into particles suitable for ring flaking for flakeboard production or for use as solid fuel. As a result of this research, two different types of machine have been developed that produce "chunks" of wood that appear well suited for either use (Arola *et al.* 1982, Arola *et al.* in prep., Barwise *et al.* 1977, Barwise *et al.* 1982). The resulting chunks are much larger, require less energy to produce, and have somewhat greater bulk density than conventional pulp chips. They also exhibit entirely different bulking characteristics because of their chunky and irregular shape.

In a pile or thick layer of this material, large void spaces exist between particles. It was our hope that these chunks, with large interparticle voids, would dry faster and generate less solid particulate emissions when burned than conventional wood chips. However, because these chunks are a new particle form, information is not available on their storage, drying, or combustion characteristics. Our work in chunkwood production and drying is the beginning foundation.

For use as a solid fuel, any amount of drying prior to combustion is advantageous. Therefore, the purpose of our study was to determine drying rate differences between chunked wood and conventional pulp-size chips under ambient air test conditions.

METHODS

We established two simple drying experiments using ambient room air (drawn from within our seasonally heated machine shop building) to compare these new potential fuelwood chunks and conventional pulp-size chips. The first experiment used natural convective air drying while the second experiment used forced air convective drying. In these experiments we used wood from both aspen and red maple. The chips were made using a Morbark "Chip-Pac"[1] Model 3-48 chipper set to produce 3/4-inch long standard pulp chips. The chunks were made on our experimental chunking machine. From independent tests with the machine, we found that chunks ranged from 2 to 5 inches, and averaged 3.5 inches long. Particle cross sections ranged from about 1/2 inch up to the full diameter of the bolts being chunked (Arola *et al.* 1982).

In the natural convective air drying experiment, equal volumes of green chunks and chips were placed in separate 3.6 ft³ (one-half of a 55-gallon barrel) cylindrical containers, set out in an open room, and allowed to freely dry (fig. 1). Initial tare and sample weights were determined. The green wood weights initially ranged between 60 and 85 pounds. To monitor moisture loss, both containers were periodically weighed. Because of time and space limitations and the preliminary nature of our study, the test was repeated only once, by species. Therefore, our results are not based on replications.

[1]*The use of trade, firm, or corporation names in this publication is for the information and convenience of the reader. It does not constitute an official endorsement or approval of any product or service by the United States Department of Agriculture to the exclusion of others that may be suitable.*

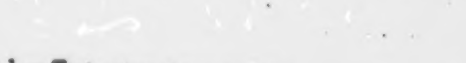


Figure 1.—Test setup for natural convective drying of chips (left) and chunks (right).

In the second experiment using forced air convective drying, we devised a test apparatus so that a known quantity of green chips or chunks could be dried by forcing ambient air through the particles. To begin, a 7.3 ft³ cylindrical container (standard 55-gallon barrel) with a screened bottom insert was filled with chips, weighed, and set on a 7.5 hp variable volume blower system. The blower's inlet restrictor was adjusted to give a nominal 340 cfm of air flow through the filled barrel (fig. 2). The 340 cfm level was chosen because it was the lowest practical level at which this particular blower system would operate and not because it was optimum for drying. As the particle drying progressed, the following data were periodically noted: chip weight; elapsed time; air flow rate; pressure drop through the chips; ambient air temperature and relative humidity; and atmospheric pressure. We also determined beginning and ending moisture content. After the barrelful of chips was dried, an equal weight of chunks was dried following the same procedure. For this series of tests, five repetitions were made for each species using uncontrolled ambient room air. In all cases, we terminated the drying tests when the weight loss stopped or the drying rate was so slow that it was judged impractical to continue.

The aspen tests were run from the end of March until the end of May; the ambient air temperature averaged 73° F, and the relative humidity averaged 32 percent. The red maple tests were run between early June and early August. The ambient air temperature averaged 75° F, and the relative humidity averaged 60 percent.

Figure 2.—*Test setup for forced air convective drying.*

For both experiments, we determined and plotted average moisture contents (wet weight basis).

In our second test series we calculated the energy used (power x time) based on the air horsepower dissipated within the wood bed. We calculated air horsepower from the equation (McDonald *et al.* 1967):

$$\text{Air hp} = 0.0001575\ pQ$$

where p = pressure drop across the wood bed in inches of water and Q = air flow rate in ft³/min.

EXPLORATORY RESULTS

In our natural convective air drying tests, we observed that the chunks dried much faster and to a lower moisture content than the chips for both species (fig. 3). This finding supports our belief that chunks dry faster than chips under natural convective air drying. (Conclusive data should be developed under conditions of controlled temperature and humidity.) Though unsubstantiated, we attribute the marked difference between drying rates of chunkwood and chips to the bulky character of the chunkwood, which gives larger air spaces (voids) and allows for easy air flow, as opposed to the flat character of chips which layer closely and restrict air movement and trap moisture. We observed that at the end of our natural convective air drying tests, when the chips and chunks were emptied from the containers, the chunk container was completely dry while the chip container was rusty and wet. For the red maple (run during the more humid summer months), we actually found standing water at the bottom of the chip barrel.

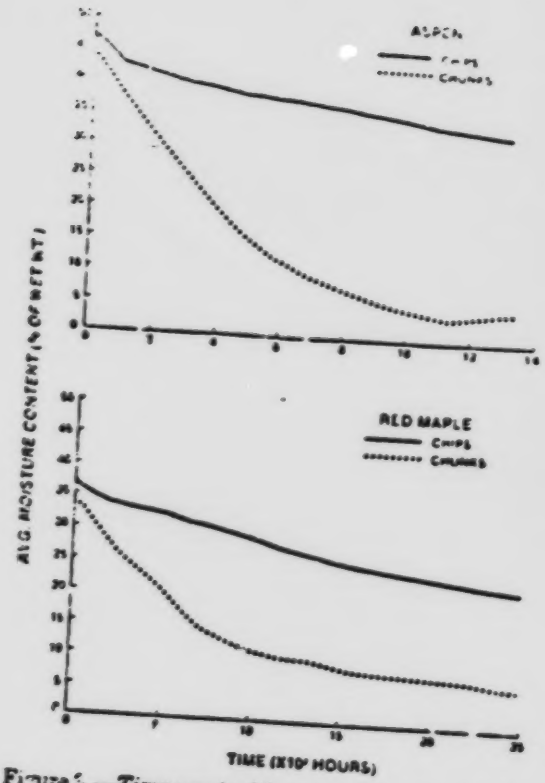


Figure 3.—*Time required for natural convective drying of aspen and red maple chunks and chips.*

In our forced air experiments, we found that the chunks dried slower than the chips (fig. 4); however, the pressure required to force the air through the chunks was much less than for the chips—consequently, the energy required was much less (fig. 5). These differences again are attributed to the chunks' larger interparticle void spaces, which offer much less resistance to air movement. In commercial practice, this energy advantage could possibly offset the added cost of the larger drying bin that would be required to give the same production rate (pounds of dry wood per hour) as for chips.

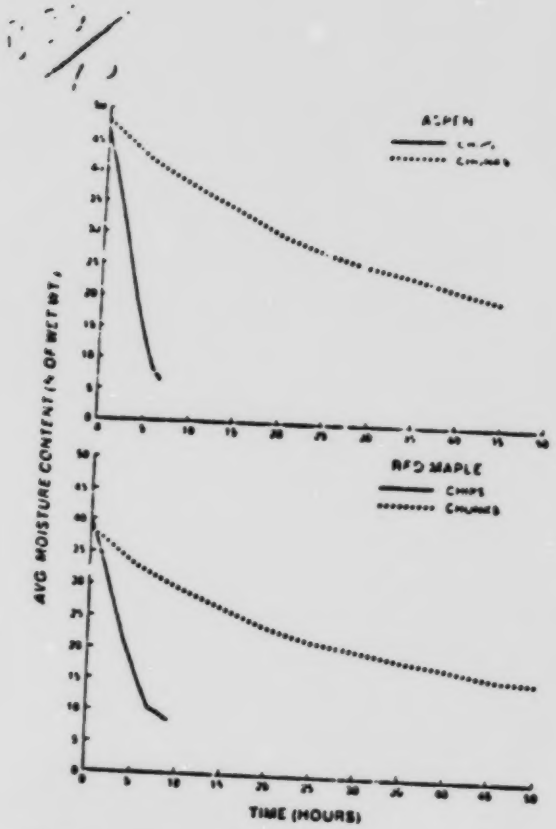


Figure 4.—*Time required for forced air convective drying of aspen and red maple chunks and chips. The curves represent the average of five repetitions.*

We recognize the statistical limitations of our observations—particularly due to our inability to precisely control temperature and relative humidity. Nonetheless, we feel that this exploratory investigation has indicated that chunks have better drying characteristics than pulp-size chips. Based on our preliminary results, we recommend that more controlled investigations be conducted on a larger scale using ambient air drying of chunks in free-standing piles and in a silo with low velocity forced air.

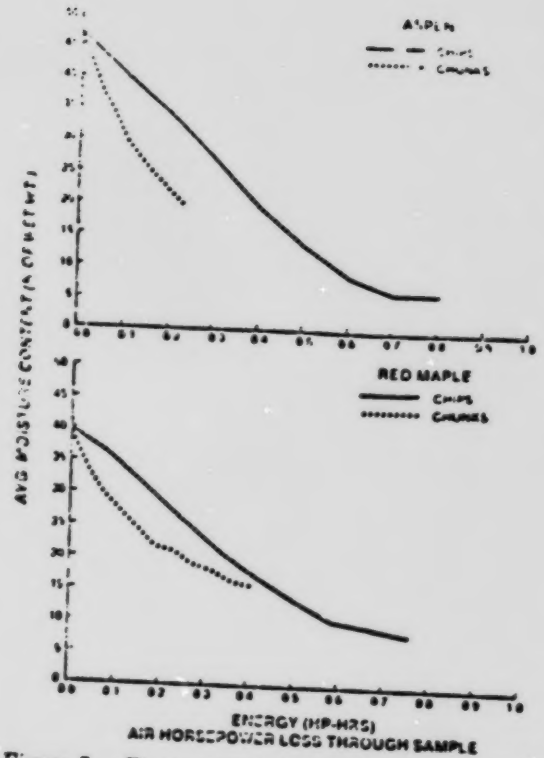


Figure 5.—*Energy required for forced air convective drying of aspen and red maple chunks and chips. The curves represent the average of five repetitions.*

LITERATURE CITED

Arola, Rodger A.; Radcliffe, Robert C.; Winsauer, Sharon A.; Matson, Edsel D. A new machine for producing chunkwood. Res. Pap. NC-211. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station; 1982. 8 p.

Arola, Rodger A.; Winsauer, Sharon A.; Radcliffe, Robert C. Chunkwood production: a new concept! (In prep.).

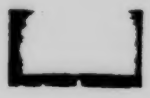
Barwise, Robert D.; Arola, Rodger A.; Erickson, John R. Helical head comminuting shear. U.S. Patent 4,053,004. October 11, 1977.

Barwise, Robert D.; Arola, Rodger A.; Matson, Edsel D. Involuted disc slicer. P.C. 6170. Patent application filed February 26, 1982.

McDonald, J. E. In: Baumeister, Theodore; Marks, Lionel S., eds. Standard handbook for mechanical engineers. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 1967: 14-70.

FERIC

FOREST ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF CANADA
INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES EN GÉNIE FORESTIER



Field tests to develop energy saving wood comminution techniques

by

K.C. Jones & Associates Ltd.

Special Report No. SR-15

ENFOR Project P-28

Author: Keith C. Jones

ISSN 0381-7733

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to acknowledge the ready assistance supplied by the personnel of the Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC) in general, and in particular, Mr. Jean Bérard, the project manager. The access afforded to FERIC's library system and the assistance afforded by their academic and industrial contacts facilitated the progress of the several tests carried out during the project. In addition, the discussion with and criticisms offered by Mr. C.R. Silversides, National Research Council Energy Program, added depth to our presentation. Acknowledgements to individuals associated with specific field tests are made in the appendices describing those tests.

FOREWORD

This report was prepared under the auspices of the ENFOR (Energy from the Forest) program of the Canadian Forestry Service. Under this program, research and development activities are conducted to increase the knowledge and improve the technology relating to the utilization of forest biomass as a source of energy.

The ENFOR program is part of a comprehensive national effort encompassing the development and utilization of all renewable sources of energy. It is aimed essentially at reducing Canada's current dependency on oil and other non-renewable sources of energy.

Under the terms of an agreement with the Government of Canada, the Forest Engineering Research Institute of Canada retained the services of K.C. Jones & Associates Ltd. to design and implement a project which led to the preparation of this report.

ABSTRACT

This report condenses the results of 4 separate field and laboratory tests carried out:

i) to measure the in-service productivity and energy consumption distribution of the Fling Solid Waste Demolisher (SWD) and a portable knife hog processing logging residues;

ii) to determine the energy required to splinter and dewater roundwood using a roll crusher; and

iii) to measure the solid volume factors achieved by baling harvesting residues previously processed by a roll crusher.

The complete report of each test is attached as an appendix.

Conclusions and recommendations are made regarding the most appropriate course to follow in developing energy-saving techniques for preparing fuel stocks from harvesting residues.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
1.0	INTRODUCTION AND STUDY CONCEPT	1
1.1	Study Concept	1
1.2	Objectives	1
1.3	Methodology 1.3.1 Energy Level Concept	2
1.4	Format of Presentation	3
2.0	SURFACE AND PHYSICAL ENERGY REQUIREMENTS	4
3.0	MACHINE ENERGY REQUIREMENTS	7
4.0	CYCLE ENERGY REQUIREMENTS	13
5.0	OPERATIONAL ENERGY REQUIREMENTS	14
6.0	CONCLUSIONS	16
7.0	RECOMMENDATIONS	18
	REFERENCES	19

APPENDIX A - STEAM GENERATOR TO BURN WHOLE BALES

APPENDIX B - EXTENDED BIOMASS HARVESTING PROJECT

APPENDIX C - REPORT: ENERGY REQUIREMENTS AND PRODUCTIVITY OF THE FLING SOLID WASTE DEMOLISHER

APPENDIX D - REPORT: ENERGY REQUIREMENTS AND PRODUCTIVITY OF A PORTABLE KNIFE HOG

APPENDIX E - REPORT: ENERGY REQUIREMENTS TO ROLL-SPLIT WOOD

APPENDIX F - REPORT: ROLL-SPLITTING AND BALING HARVESTING RESIDUES

LIST OF FIGURES

NO.		PAGE
1.	Energy Requirements: Physical, Machine, Cycle and Operational	2
2.	Surface Energy (particle size and shape)	5
3.	Surface Energy and Size Distribution	5
4.	Size Distribution Processed by the Fling SWD	6
5.	Comparison of Machine Energy Requirements	8
6.	Residue Jaw Crusher	9
7.	TVA Fiberizer	9
8.	Product of the TVA Fiberizer	10
9.	Roll Splitter	10
10.	Moisture Content Change vs: Initial Moisture Content	11
11.	Machine Dewatering Energy vs: Initial Moisture Content	11
12.	Splitting Rolls to Process 30 cm Diameter Material	12
13.	Compaction and Baling	13
14.	Cycle Energy Requirements vs: Productivity	14
15.	Morgardstuggen: Slash Chewer	16
16.	Low Energy Processing Centre	17

LIST OF TABLES

NO.		PAGE
(1)	Physical Energy Requirements of the Fling SWD	7
(2)	Productivity of Residue Chipping Operations	15

1.0 INTRODUCTION AND STUDY CONCEPT

This report examines the energy requirements for comminuting residues recovered from conventional logging operations. It is a summary of the result of 4 field test reports attached as appendices C through F. This ENFOR program has been conducted as part of a three-stage Extended Biomass Harvesting project managed by the Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). The scope and general objectives of this project are described in Appendix "B".

1.1 Study Concept

The guiding concept behind this study has been that the comminution of wood into small elements has to date usually been done by and for the wood pulp manufacturing industry. Consequently the design of machines and the techniques for using them have been governed by the industry's traditional concept of scale and product quality. However, the utilization of biomass for energy does not require pulp chip specifications. In fact, the quality concepts applicable to traditional and energy conversion processes are somewhat in conflict when the topic of comminution is considered.

Pulp and dimension lumber industries have as their basic quality criteria the concept that fibre integrity must be preserved. Energy conversion processes, on the other hand, require only that comminution expose sufficient surface area to achieve a desired rate of drying and/or control of the energy conversion processes. This is best accomplished by the production of ragged and fractured particles, which are quite the opposite qualities of a pulp chip, which is intended to maximize digester capacity and minimize fibre damage.

We are not suggesting that chippers do not produce an acceptable fuel, only that alternatives exist, and that they should be considered in any general assessment of the energy required to recover, comminute and convert harvesting residues into useable energy.

1.2 Objectives

The principal objectives of this study were:

- to demonstrate equipment which will be the least energy demanding in reducing forest harvesting residues to a useable fuel; and

- to measure the energy requirements of prototype or unusual comminution equipment to acquire sufficient data to direct development of equipment and techniques particularly suited to the comminution of harvesting residues for fuel at a low energy cost.

This type of investigation is quite different from the broad-scope input-output energy analyses, which have in the past confirmed the net energy gains to be realized from collecting and converting harvesting residues to energy (Ash Knoblock and Peters (17)). Rather, this is an engineering study to quantify the data needed to identify problems and opportunities which exist for the development of equipment intended specifically to reduce the energy requirements of comminuting harvesting residues.

1.3 Methodology

Detailed comparisons of the energy requirements to prepare fuel or those of any other mechanized forestry operation, are not common. The only comprehensive study of forest harvesting and processing energy requirements identified by this author has been published by the Department of Operational Efficiency of the Swedish University of Agricultural Sciences, (Gasslander, Mattsson and Sundberg (2)). In this study we have adopted the terminology of the system used in that study to compare energy requirements of comminution. The system recognizes four levels of direct energy requirements for any process: Physical, Machine, Cycle and Operational. The definitions of these levels are as follows:

Physical: A theoretical measure, based on the surface area created, of the minimum energy required to produce a given size distribution of particles.

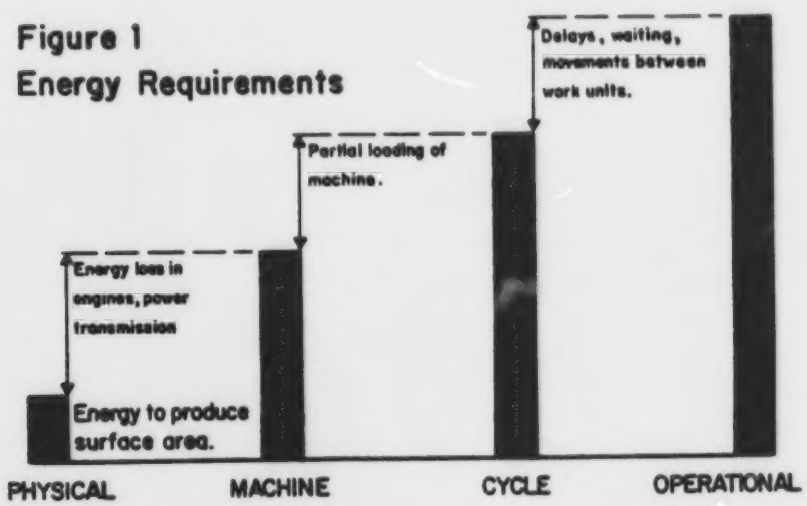
Machine: The energy consumed by a machine while performing useful work, in this case breaking material apart. This includes only the fuel consumed by the working tools. It does not include energy consumed as a base load, i.e., energy used under no-load conditions to drive transmissions and auxiliary equipment such as fans and oil pumps.

Cycle: All energy consumed by a machine while processing material, including the energy lost driving machine elements other than the comminution elements, i.e., fans and conveyor belts.

Operational: The total energy used during a normal operating period, e.g., one shift. This includes all energy lost during idling times, and while waiting to process material.

Figure 1 illustrates the relationship between these levels of energy requirements.

Figure 1
Energy Requirements



The Physical energy needed to produce a new surface area is a rather theoretical concept. However, it does supply a common base against which to compare the energy requirements of all types of equipment. It is the only level at which really useful work is accomplished. The differences between it and the succeeding levels are all losses. The Machine energy level is useful to the mechanical design engineer in determining peak power requirements of each equipment type based on surge loads. To the manager, however, differences between Machine, Cycle and Operational energy levels are of greater interest since they are the losses which can be reduced through modification to operating techniques.

In the study conducted by Gasslander et al (1), the levels of energy requirements were extended to include a fifth level, "System", which assigned indirect energy values to repair actions, spare parts, lubricants and Machine energy values. While this is a valid consideration, we have not included this level in our studies since the project's objective was to initiate development and prototyping of new equipment.

1.4 Format of Presentation

The results of this study have been published in two separate reports. This report combines the results of four field tests aimed at gathering data to develop more energy-efficient residue processing machines and techniques. The tests have been written as independent reports and presented as such in Appendices C, D, E and F:

Appendix C - Energy Requirements and Productivity of the Fling Solid Waste Demolisher.

Appendix D - Energy Requirements and Productivity of a Portable Knife-hog.

Appendix E - Energy Requirements to Roll-split Wood.

Appendix F - Baling Roll-split harvesting residues.

This executive summary condenses and compares the results of these tests.

In the second report published as part of this study, "A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues", Jones (2). The results of numerous past laboratory tests to determine comminution energy requirements have been reviewed and compared. A small portion of that report has also been summarized in this report in order to preserve continuity of the overall study.

While this executive summary is based on data and conclusions found in each of the five reports it does not offer a precis of them. Instead, it presents its own conclusions which are a combined result of, not an abstract or summary of, the individual reports.

2.0 SURFACE AND PHYSICAL ENERGY

According to its original definition, Gasslander et al (1), the Physical energy requirement was based on the minimum theoretical energy needed to accomplish work - a force times the distance through which it acts. Obviously, this minimum energy requirement can never be achieved in practice. However, in the case of comminution, we can use the Physical Energy Requirement to compare the amount of useful work accomplished by a wide variety of processors, based on the change in size distribution and the different energy requirements to produce surface areas perpendicular and parallel to the grain.

Best estimates of the minimum energy requirements to produce surface areas perpendicular and parallel to the grain of black spruce (Picea mariana) are 1 and .01 Joule/cm^2 respectively, Jones (2). The precision of the two estimates is not of great significance, though the .01 Joule/cm^2 assigned to surfaces parallel to the grain has been determined by careful experimentation. What is significant is their ratio of roughly two orders of magnitude.

Using these figures, it is possible to develop a series of equations relating a minimum theoretical energy requirement, the Physical Energy Requirement, to produce various sizes and shapes of particles. The sum of the product of the projected surface areas perpendicular and parallel to the grain and their respective effective surface energies assign an energy value to a material based on its size and shape. This value is its surface energy. The difference between the surface energy value before and after comminution is the Physical energy level.

For example, assuming a specific gravity (SG) of .38 for black spruce, the following equations can be developed which express the energy represented by the surface areas of cubic and pulp chip shaped particles. Equations (1) and (2) are illustrated in Figure 2.

Cubic (L:R:T = 1:1:1)

$$\text{Surface Energy Requirement} = \frac{5.4}{x} \text{ MJ/ODt} \qquad (1)$$

Pulp Chips (L:R:T = 4:4:1)

$$\text{Surface Energy Requirement} = \frac{5.6}{x} \text{ MJ/ODt} \qquad (2)$$

Where x = particle length parallel to the grain.

Comparing equations (1) and (2), to split 1 cm cubic particles into four pieces requires only .2 MJ/ODt, a very small energy requirement considering the gain in surface area. By using equation (1) and the size distributions in Figure 3, the effect of producing even a small percentage of fines is shown. By including only 5% fines in the .25 cm class, one distribution represents 1.7 times the energy of the other despite the fact that under most systems, both would be classified as the same nominal size.

As a further example of the importance of considering the size distribution of particles, we have used data gathered from a test of the Fling Solid Waste

FIGURE 2

SURFACE ENERGY (Size and shape of particles)
The surface energy represented by the size and shape of a particle can be calculated as the product of it's projected surface areas and effective surface energies perpendicular and parallel to the grain.

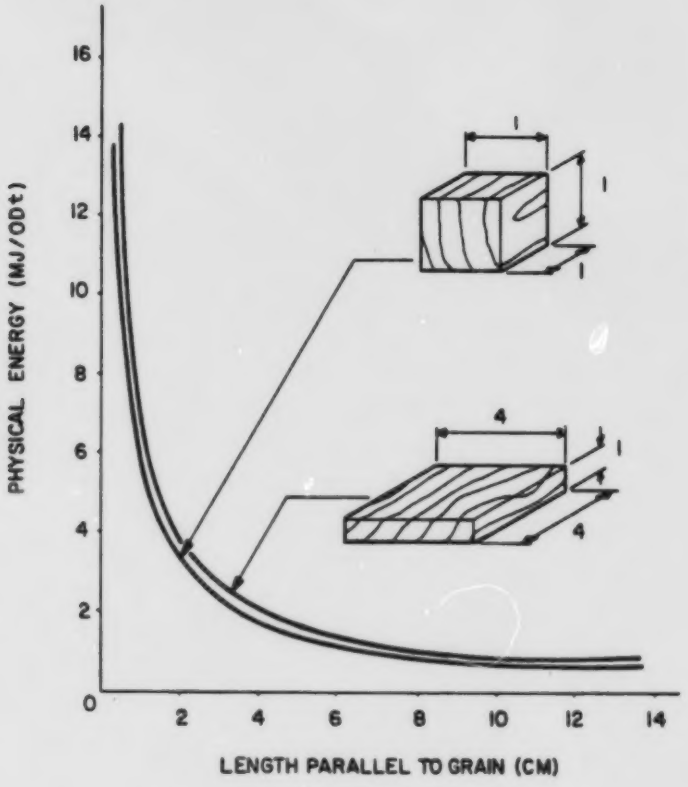
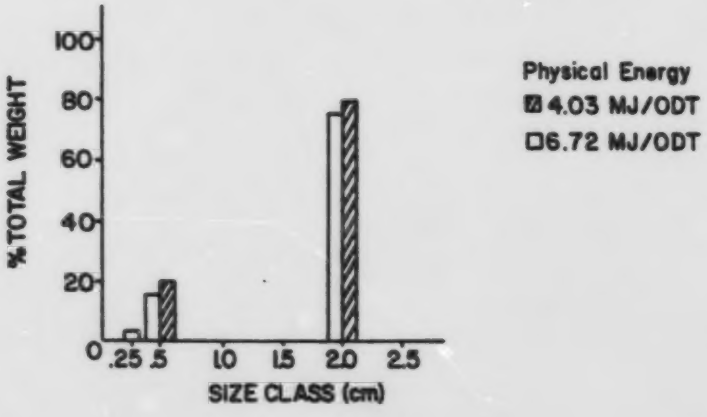


FIGURE 3

SURFACE ENERGY AND SIZE DISTRIBUTION
The inclusion of even a small amount of fines greatly increases the surface energy represented by the size distribution.



Demolisher (SWD), Appendix C, to compare Physical energy levels represented by different products from the same machine. Figure 3 illustrates the size distribution of sortyard debris before and after processing by the SWD. It also shows the distribution of particles produced by the SWD from roundwood bolts roughly 15 cm in diameter and 2 m in length. Table 1 compares the surface energy represented by these distributions, the Physical energy represented by the change in the size distributions and the measured Machine energy used to produce each product. It then expresses the relative efficiency of each process by dividing the Machine energy requirement by the Physical energy requirement. Equation (2) was used to calculate Physical Energy Requirements.

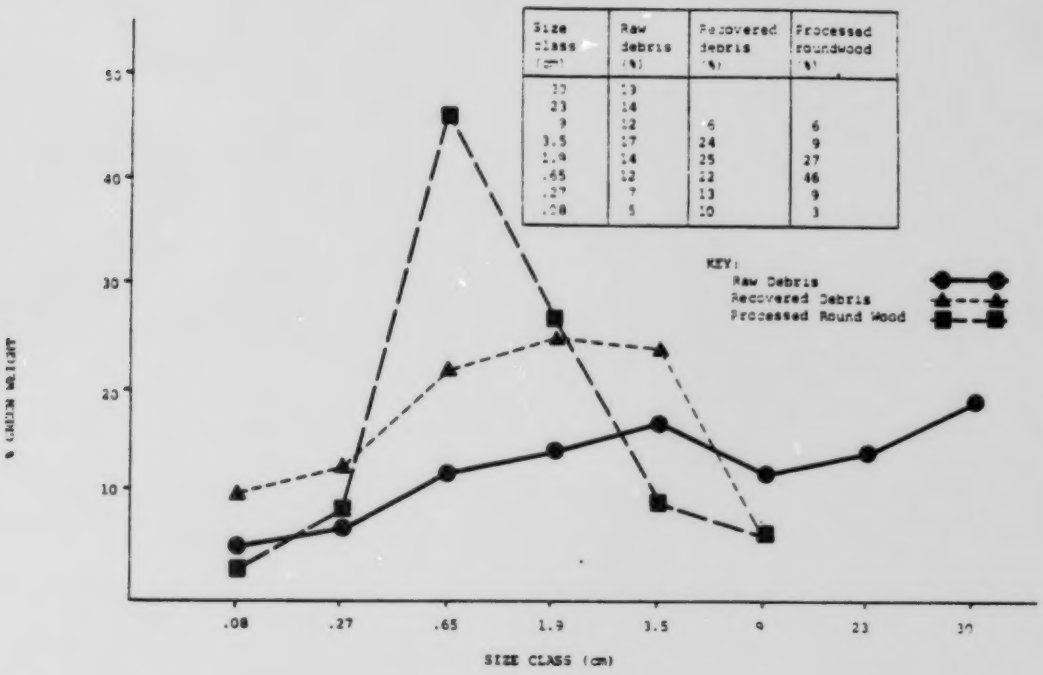


FIGURE 4

SIZE DISTRIBUTION PROCESSED BY THE FLING S.W.D..

In this manner, we can see that while roughly four times as much energy was used to process roundwood bolts as to process debris (460 MJ/ODt:117 MJ/ODt), the energy efficiency of the useful work accomplished is only two and a half times as high (.019 to .049). In view of the sensitivity of this type of calculation to errors in measurement of fines, the efficiency of the two processors are not far apart. This is particularly true when one considers that while roundwood was being processed, the fines often tended to blow away and the sortyard debris contained a high percentage of grit in the smaller size classes. Both factors tend to bias the results in favour of the efficiency of debris processing.

TABLE 1

PHYSICAL ENERGY REQUIREMENTS OF THE FLING SWD

Material Processed	Surface Energy* (MJ/ODt)	Physical Energy (MJ/ODt)	Machine Energy** (MJ/ODt)	Energy Efficiency
Raw Debris	6.7	-	-	-
Processed Debris	12.4	5.7	117	.049
Roundwood	0.0	-	-	-
Processed Roundwood	8.9	8.9	460	.019

* Calculated using equation (2)
** Measured diesel energy consumption

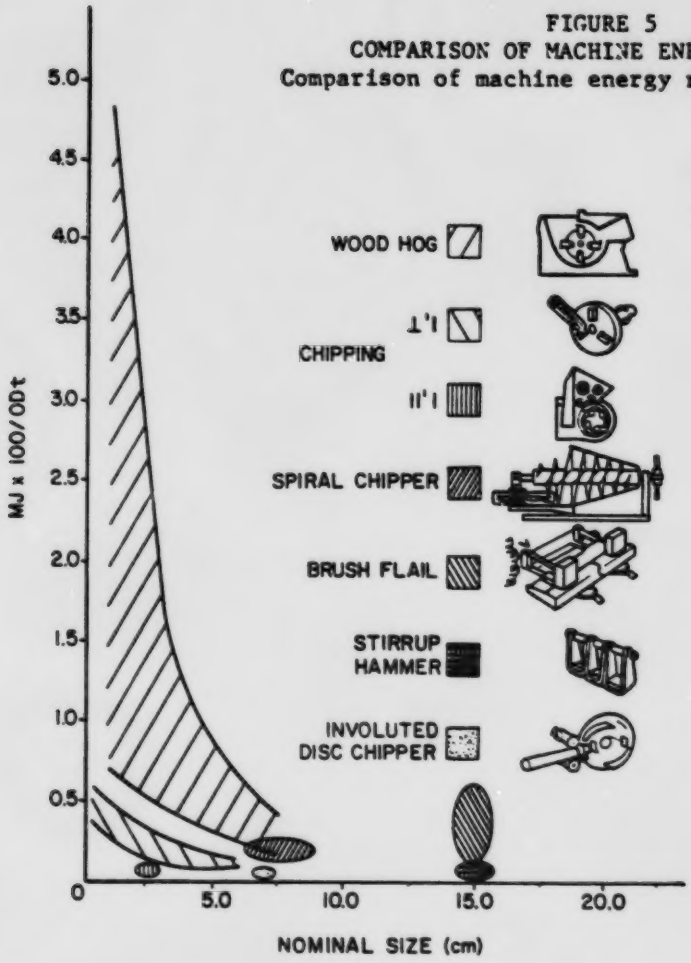
3.0 MACHINE ENERGY

Despite the desirability of recognizing the significant effect of shape and size distribution as pointed out in Section 2, most documented energy comparisons are based only on a nominal size classification of particles. In practice, this approach is a convenient and reasonable one. Comparisons based on a detailed examination of Physical Energy requirements are better reserved for comparative trials in closely parallel situations. As well in most cases, the nominal size refers to the maximum particle length parallel to the grain, which rather than thickness or width, is the determining factor in energy requirements.

A review of published literature based on this type of data, has provided the data illustrated in Figure 5, which compares the Machine Energy requirements of chipping and impact machines producing nominal size particles, Jones (2). The energy requirements from references used in developing Figure 5 were adjusted to a common electric motor basis, assuming 30% and 85% energy conversion efficiencies for internal combustion and electric engines respectively. Of note is the fact that the energy requirement of rugged impact equipment, producing nominal 15 cm size particles, is nearly equal to that of disc chippers producing 2.5 cm particles. However, these results are based on experiments in which the infeed material was 10 cm diameter bolts held rigidly in an infeed system. Applying the same impact mechanism to loose slash would result in considerably higher energy requirements.

In a general sense, the details of this reviw show that on a Machine Energy basis, harvesting residues should be comminuted when dried below the Fibre Saturation Point (FSP), particularily when impact machines such as hammermills, the Fling SWD and slash cutters are considered. Their energy requirements can be reduced by roughly half by such drying.

FIGURE 5
COMPARISON OF MACHINE ENERGIES
Comparison of machine energy requirements.



Not shown in Figure 5 are the energy requirements of crushers which are particularly suited to comminuting harvesting residues due to their relative immunity to damage by tramp material. As part of this project, laboratory tests were attempted using traditional jaw and roll crushers to process wood. These quickly demonstrated what was expected, namely that short stroke, high strength comminution mechanisms suited to processing brittle material are not capable of achieving significant size reduction when processing resilient and weak material such as wood. Their successful application requires major design and prototyping effort.

One successful application of crushing technology is a jaw crusher operating in Avesta, Sweden. It processes commercial, residential and harvesting residues into fuel for a 12 Megawatt central heating plant. The comminution action illustrated in Figure 6 is really a cross between a scissor action and jaw crusher, but nothing is known of its energy requirements, only that it is relatively immune to damage by tramp material. It would be well suited to billeting material fed into it in bundles. The versatility of the hopper infeed is an attractive feature, suited to the highly irregular shapes of harvesting residues.

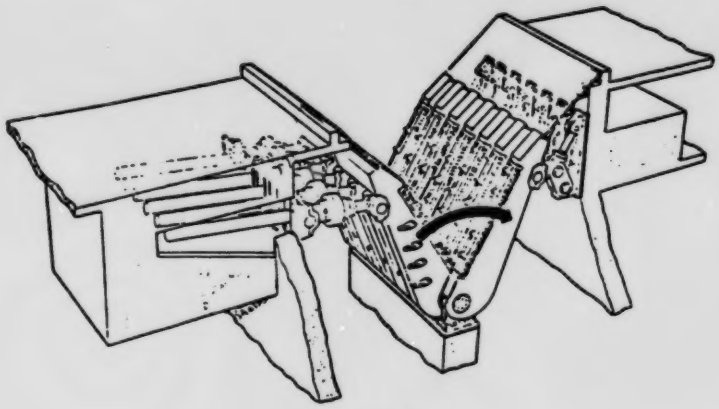


FIGURE 6
RESIDUE JAW CRUSHER.

While a suitable jaw crusher was not available for testing, we did have access to a prototype roll crusher (the TVA Fiberizer shown in Figure 7). It was designed and prototyped in the late 1960's to cleave and tear rough lumber apart, parallel to the grain, (Harvey (3)). Our initial tests demonstrated that its Machine Energy requirements to reduce roundwood bolts 9-18 cm in diameter to a loose mat of slivers, roughly 3 cm in cross-section and 1.7 metres in length, varied from 40 to 70 MJ/ODt. However, the process concentrated more on crushing wood than on cleaving it apart. The process also removed significant quantities of water at a Machine Energy cost of from .8 to 1.1 MJ/Kg of water removed.

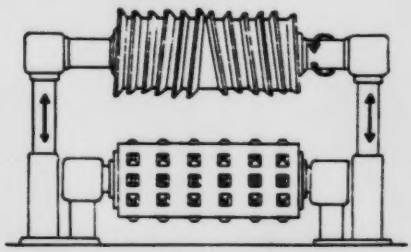
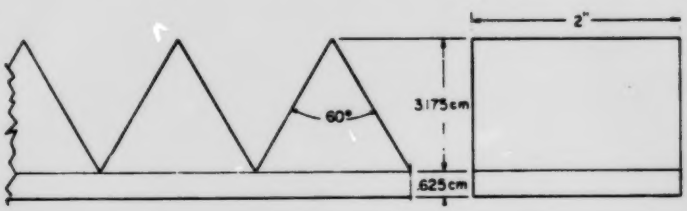


FIGURE 7
THE T.V.A. FIBERIZER
The t.v.a. Fiberizer uses opposing buttress threads to split, cleave and tear wood apart while applying a crushing force of roughly 42,000 Kg.

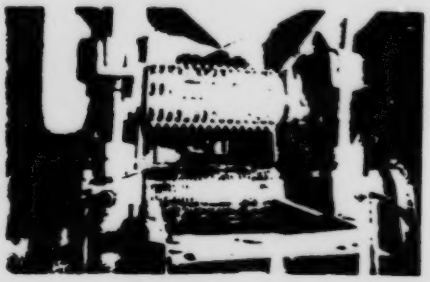
These comminution energy requirements placed the process somewhere between the Machine energy requirements of chipping material to 2.5 cm particles, 10-20 MJ/ODt, (Papworth and Erickson (4)) and hammermilling it to 2.5 cm particles 80-240 MJ/ODt, Gruendler (5). The dewatering energy requirements are less than half the thermal energy required to evaporate water in a boiler from 20°C-205°C, 2.8 MJ/Kg H_2O. The only reliable figures available to describe the dewatering energy requirements of other mechanical systems apply to the Stake Technology Co-axial Feeder, which in prototype tests required roughly .34 MJ/Kg of water removed (6). The product of the TVA process is shown in Figure 8.

FIGURE 8
THE PRODUCT OF A T.V.A. FIBERIZER OR ROLL SPLITTER is a loose cohesive mass of slivers roughly 3 cm in cross section.

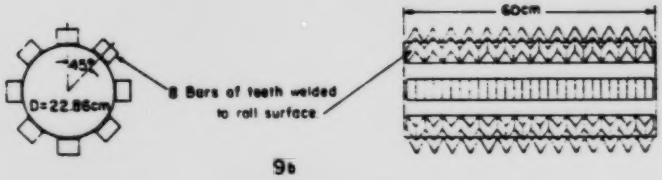
Following what was considered the initial success of the TVA tests, a new top roll was manufactured and installed on the TVA frame. It concentrated more on splitting wood than on crushing it, Appendix E. This roll had axe-like teeth as shown in Figure 9. The comminution action now became one of roll-splitting



9a



9c



9b

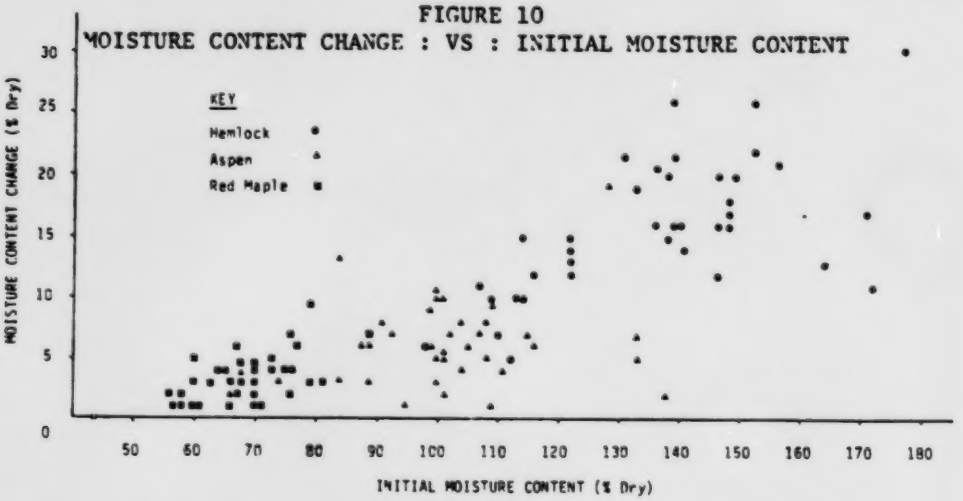
FIGURE 9
TOOTH PATTERN

Eight bars of axe like teeth were welded to the roll core. The teeth were flame cut from 5 cm steel plate. The axe points, 3.175 cm long with 60° angle included, were aligned circumferentially about the roll.

rather than crushing. The Machine Energy to produce a material similar to the TVA concept was reduced for all species tested. It ranged from 23-32 MJ/ODt, and the Machine dewatering energy efficiency was relatively unchanged, ranging from .2-1.5 MJ/ODt. What did change was the percentage drop in moisture

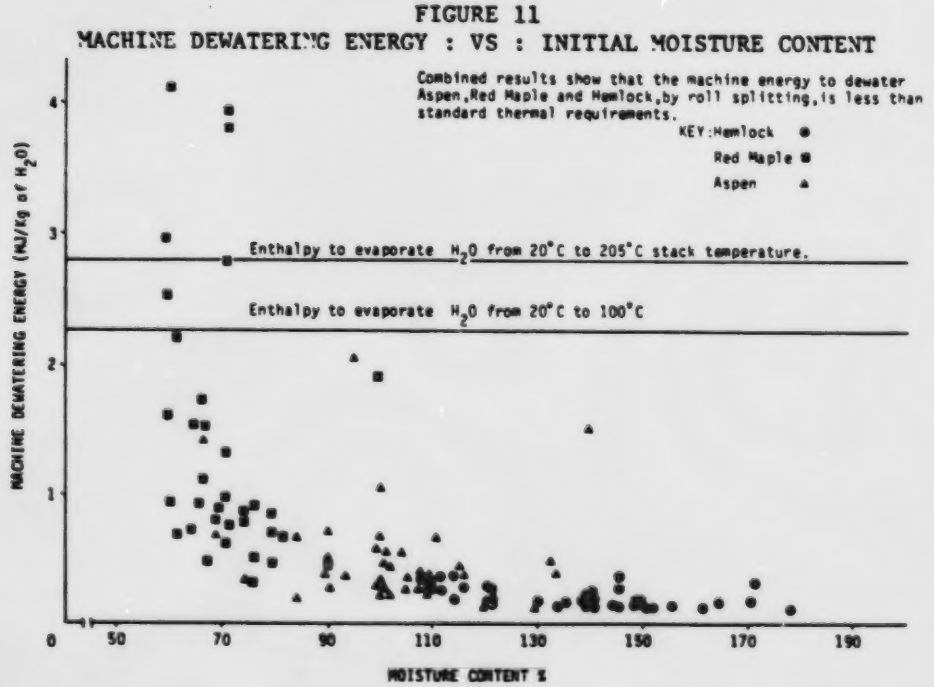
content as a function of initial moisture content. It was less for roll-splitting. This decrease was understandable, since the Machine comminution energy decreased, with the Machine dewatering energy remaining unchanged. Figure 10 illustrates the moisture content change as a function of initial moisture content

FIGURE 10



resulting from roll-splitting. Of interest is the fact that water was being removed from wood at an initial moisture content of only 70%. Following this through to Figure 11 shows that this mechanical process was still less

FIGURE 11



energy-intensive than a thermal drying operation, even at this low moisture content. Other devices undoubtedly remove water during comminution, however, none displays such clear evidence of drying as that shown in these tests.

The prototype machine used to test the roll-splitting concept was a 33.5 Kw model and was only able to process 9-12 cm bolts in a single pass. Larger pieces required two passes to produce 3 cm slivers. Future development work would best concentrate on producing a more powerful model with larger teeth capable of processing up to 30 cm diameter bolts in a single pass. Our experience indicates that a 100 Kw machine with maximum infeed speed of 30 m/min in combination with the rolls shown in Figure 12 would be sufficient. It is expected that this would considerably reduce Machine comminution energy requirements. To what extent this would sacrifice dewatering efficiency is impossible to tell.

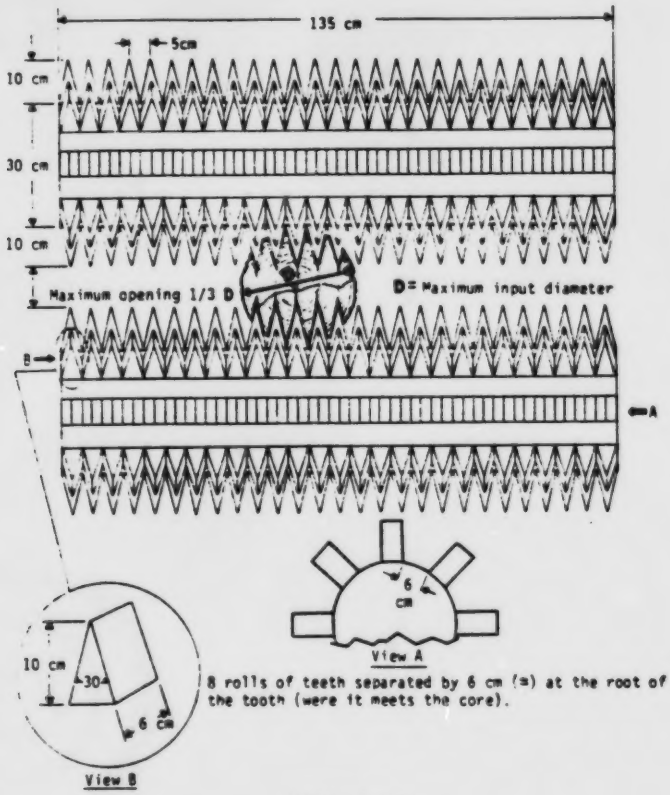


FIGURE 12
SPLITTING ROLL DIMENSIONS
To process 30 cm diameter logs into 3 cm slivers, in a single pass.

Baling tests were also included in our study program, Appendix F. The splintered wood produced in our roll-splitting tests, Appendix E, was baled using a prototype harvesting residue baler, (Walbridge and Stuart (7)). When using compaction pressure of 620 and 1000 Kpa (91 and 147 psi), bale solid volume factors ranged between 43% and 62% with an average of 53%. These solid volume factors can be compared to the 40% to 45% achieved with whole tree

chips, and the 50% often achieved with chunkwood chips produced by involute disc or spiral-head chippers. We estimate that a minimum solid volume factor of 50% can be expected using only 350 Kpa (50 psi) and a proper production scale baling system.

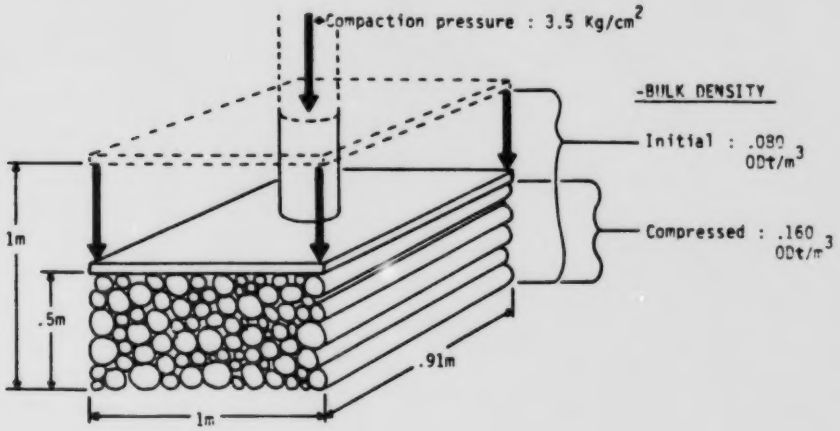


FIGURE 13
COMPACTION AND BALING

Based on the assumption that shearing and compacting Machine Energy requirements are additive, we calculate that 2.5 MJ/ODt are needed to form pine slash bales as illustrated in Figure 13. The only experiments known by the writer which measure compaction energy requirements, involved compaction of wood chips, Hassan (8). These studies estimated that Machine Energy to compact green pine chips (89% MC) varied from .73 MJ/ODt to 2.1 MJ/ODt. These figures are even lower than our calculated value for slash baling, though they do not include our shearing component, which was 1.4 MJ/ODt.

The comparisons of Machine energy requirements ignore the effects of materials handling systems and energy conversion differences of prime movers. At this level, as with the Physical Energy level, large particle processors have low energy requirements. Startlingly enough, crushing equipment, rolls, can be made to compete with the low energy requirements of chipping. Moreover, significant quantities of water can be removed during this process at a lower energy cost than through thermal drying. Whether this moisture removal is needed, or whether it in fact increases the net energy recovery of a conversion process depends upon the particular conversion application. With new conversion technologies, that make more efficient use of heat exchange devices, claiming a direct energy saving equivalent to the enthalpy of taking water from a liquid to a vapour state is no longer always valid.

4.0 CYCLE ENERGY REQUIREMENTS

The Cycle Energy requirements of a comminution process are the fixed operating cost associated with it. Consequently, once the machine type or model is chosen, the only way to minimize costs is to increase productivity during

operative hours by loading the machine to its fullest capacity. Figure 14 illustrates the relationship of Cycle energy requirements to productivity. Individual machines obviously have a minimum Cycle Energy requirement, which is determined by the combination of maximum brake horsepower available for processing and the no-load energy consumption. A conservative estimate, based on engine power ratings and the measured no-load fuel consumption rates of machines tested in this project, would probably place the maximum proportion of fuel which can be consumed by the comminution mechanisms at 70% of the Cycle Energy requirement.

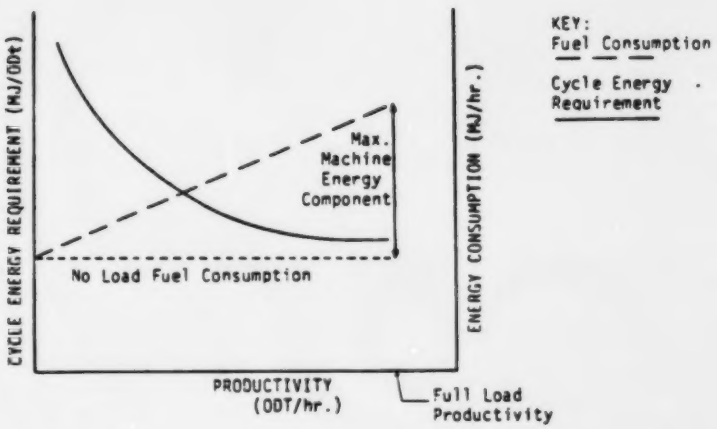


FIGURE 14
CYCLE ENERGY REQUIREMENTS: VS :PRODUCTIVITY

Whether this 70% limit varies significantly between mechanisms such as crushers, chippers, hammermills, etc., is doubtful. Of interest, in testing the roll splitting concept where the processor was under full load almost all the time, the Machine Energy requirement was 68% ± 1% of the Cycle Energy for all species tested, Appendix E. For the SWD and knife hog, it was calculated to be 75% and 70% respectively, Appendix C and D.

In the tests conducted under field conditions where harvesting residues were being processed, the Machine Energy proportion of the Cycle Energy requirement was always much lower than this assumed best of 70%. For the SWD it was 38%, while for the knife hog, it ranged from 6% to 9%. In an example calculated by Gasslander et al (1), where a large grapple-assisted chipper was processing slash at roadside, it was only 22%. Obviously the productivity of the machines is well below their technical limit due simply to the inability of the infeed system to get the material to the processor in sufficient quantities.

5.0 OPERATIONAL ENERGY REQUIREMENT

The losses associated with Operational Energy requirements are the variable energy costs of processing. They are incurred while the processor is running and waiting to be fed as the infeed system, manual or grapple, attempts to retrieve

material or position it on or in some type of infeed device. In traditional pulp chipping operations this energy loss is relatively low, but in a second-pass residue recovery operation, the exceptional variably of the input material requires significantly more sorting and handling to position it properly in linear infeed systems, such as drag chains and infeed rolls. This is particularly true of "cold" logging systems operating from windrowed piles of tangled branches or trees. Table 2 shows the productivities of several residue chipping operations. In all cases the productivities (and therefore Cycle and Operational Energy requirements) are lowest for machines operating from cold piles, and productivity is even lower for random piles, Appendix D. Even in traditional pulp chipping operations the productivity of large grapple-assisted systems is significantly lower because of the tangle factor and frequent moves necessary to reach new material, (Folkema (18)).

TABLE 2

Productivity of Residue Chipping at Roadside

Literature Reference N°	Machine Description and Harvesting Situation	Productivity* ODt/productive working hour
Appendix D	Knife hog (OLathe 816) - hand fed - dry slash random piles - green slash random piles - 139 Kw engine	 .37 .79
(14)	Knife hog (manf. unknown) - green saplings, hand piled - 24 Kw engine	 .87
(15)	Disc chipper (ABC 1000 M) - green saplings, skidder piled - hand fed from cold piles - grapple assisted - 56 Kw engine	 1.84 2.22
(16)	Disc chipper (Morbark 22) - large hardwood tops - 0.6 green tonnes/top - chipped "hot" at roadside - 450 Kw engine	8.30

* Calculated using green weight productivity, MC of processed material, and time spent chipping, infeeding or sorting.

6.0 CONCLUSIONS

The energy requirements for preparing fuel from harvesting residues can be most easily reduced by:

- developing an infeed mechanism able to accept any material fed to it in virtually any orientation;
- selecting a comminution mechanism that produces the surface area required for energy conversion by splitting wood parallel to the grain, rather than by cutting across it;
- producing a particle suitable for compacting and baling in order to increase uniformity and bulk density for transportation and secondary comminution or drying processes.

The requirement of the first conclusion can best be met with a large hopper infeed such as that employed by the Morgardstuggen (Slash Chewer), prototyped in Sweden and illustrated in Figure 15. Whole, small trees and logging slash are simply dumped into the hopper, and the chewing apparatus, two cylinders with intermeshing teeth rotating towards each other pull the residues in as they comminute it. The cylinders can be reversed to eliminate jams caused by tramp material. While this chewing device sensibly does not use blades requiring regular sharpening, this is considerably less important in saving energy than the hopper infeed concept.

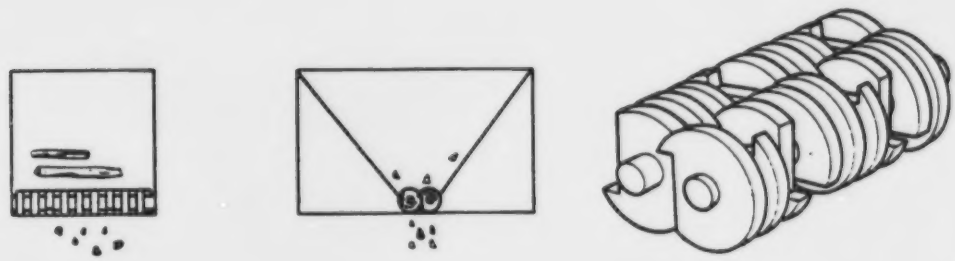


FIGURE 15
MORGARDSTUGGEN SLASH CHEWER

The larger hopper infeed and rugged chewing mechanism of the Morgardstuggen are ideally suited to processing slash and residues contaminated by stones.

Prototype manufactured by: Morgardstuggen A.B.
Box # 502
S-777 00 Smedjebaken
Sweden.

Canadian address: Mr. B. Soostmeyer, President
Centro-Morgardstuggen "Canada" Ltd.
220 Humberland Drive, Rexdale, Ont.
M9W 5Y4 Tel: 416-675-2662

Following development of an effective infeed device the next most important step in reducing energy requirements is selecting the comminution mechanism with the lowest Machine Energy requirement. In effect, choose the processor at the bottom of the hopper discussed in the previous paragraph. To reduce Machine Energy requirements the process demands a sharp cutting mechanism, either a chipper or shearing instrument. In view of the difficulty of maintaining blades, our recommendation is the Recufor concept developed in another portion of the Canada-Feric ENFOR agreement.

Taking the objective of reducing energy requirements of comminution to its fullest extent, the roll-splitting and Recufor concepts should be combined with a compaction and baling operation. A trailer-mounted processor such as the one illustrated in Figure 16 would be the most appropriate. A smaller version (or one more applicable to whole trees) would simply use a roll splitter as an infeed and preprocessing device ahead of a compaction and bundling operation.

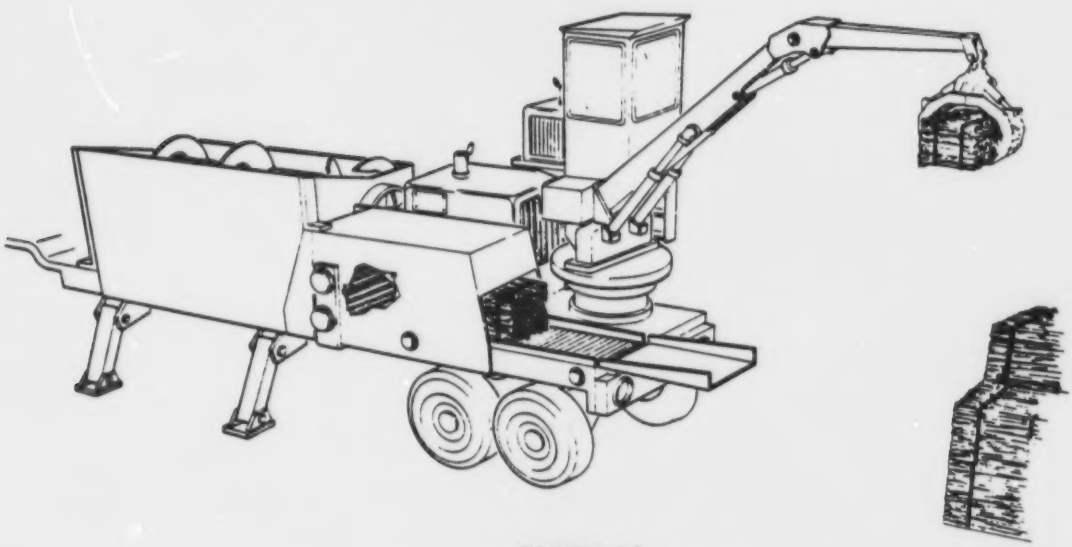


FIGURE 16

LOW ENERGY PROCESSING CENTRE

A RECUFOR is used to billet material which is then Roll Split into slivers and compacted into a bale for storage at roadside ; or compacted directly into a trailer.

7.0 RECOMMENDATIONS

The following three projects should be implemented:

1. A processor based on the concepts of hopper feeding, roll-splitting and compacting slash and rough residues into bales should be designed, constructed and tested. Data are available to determine required compaction forces, processor infeed requirements and general productivity and all the standard mechanical design criteria. We do not know what the most suitable banding material, preferably combustible, is and whether the bales can be made durable enough to withstand handling. Nor do we know the best size of bale to construct. We recommend a bale, roughly 1 m x 1 m, and slightly greater in length, perhaps 1.5 metres. The next best alternative is to keep the height equal to one-half the load height.

2. Once bales are produced, or in a parallel study using hand-built bales of varying sizes, shapes and compaction pressures,the problems and potentials of drying and biological degrade within bales should be examined. Fire hazard, drying rates and the effects on bale structure as they dry should be investigated.

3. A design program should be carried out to identify the facilities and equipment costs of centralized materials handling, receiving, storage, recovery, and further processing (comminution or drying) facilities needed to support a sizeable energy conversion complex, based on bale technology. These materials handling systems are already well developed and applied in other industries, typically agriculture. Therefore, implementation and cost analysis should be as straight forward as is possible with any development program.

REFERENCES

1. Gasslander, J.E., Mattsson, J.E., Sundberg, U. 1979. A pilot study on the energy requirements in forest logging. The Swedish University of Argicultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Report No. 127. Garpenberg, Sweden.

2. Jones, K.C. 1980. A review of comminution energy requirements. Part of ENFOR Project P-28, Forest Engineering Research Institute of Canada, Pointe Claire, P.Q., Canada. FERIC Special Report No. SR14.

3. Harvey, J. July 1972. Green wood fibrating means and method. United States Patent No. 3,674,219.

4. Papworth, R.L. and Erickson, J.R. 1966. Power requirements for producing wood chips. Forest Products Journal Vol. 16, No. 10.

5. Greundler Crusher and Pulverizer Co. June 1973. Wood hog capacity based on feed sizes per 915-1. Drawing No. D4748.

6. Stake Technology. 1979. Design Construction and testing of a pilot scale continuous dewatering device. ENFOR Project Report No. C-6. Canadian Forest Service, Ottawa, Canada.

7. Walbridge, T.A., and Stuart, W.B. 1980. An alternative to whole tree chipping for the recovery of logging residues. Paper presented at the International Forest Energy Meeting, Jonkoping, Sweden, October 1980. Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Virginia.

8. Hassan, A.E. 1976. Compaction of wood chips - energy cost. A paper presented at the American Society of Agricultural Engineers. Winter meeting 1976. Chicago, Ill. Paper No. 76-1568.

9. Peill, J.E. 1980. Evaluation of a system utilizing biomass sources (straw) for crop drying and heating on the farm. Lyndhurst Farms Limited Canning Nova Scotia. Available from Public Archives of Canada, Ottawa, Canada.

10. Arend, J.L., Smith, R.N., Ralston R.A. 1954. Tests of a portable wood chipper. Lake States Forest Experiment Station USDA, Forest Service St-Paul Minnesota. Station paper No. 30.

11. Danielson, P.G. 1976. Chips produced from whole trees and roughly limbed conifers on landing. Part of the Norweigan Whole Tree Utilization Project.

12. Blakeney, K.J. 1980. Development and testing of a field treatment system for logging residues. ENFOR Project No. P-36. DSS Contract No. 075B KL017-9-1430, Canadian Forest Service. Pacific Forest Research Centre, Victoria Canada.

13. Mattson, J.A., Arola, R.A., Hillstrom, W.A. Recovery and chipping hardwood cull trees having heavy limbs. USDA Forest Service, North Central Experiment Station, Houghton, Michigan.

14. Arend, J.L., Smith, R.N., Ralston, R.A. 1954. Tests of a portable wood chipper. Lake States Forest Experiment Station USDA, Forest Service, St. Paul, Minnesota. Station Paper No. 30.

15. Danielson, P.G. 1976. Chips produced from whole tree and roughly limbed conifers on landing. Part of the Norwegian Whole Tree Utilization Project.

16. Mattson, J.A., Arola, R.A., Hillstrom, W.A. Recovery and chipping hardwood cull trees having heavy limbs. USDA Forest Service, North Central Experiment Station, Houghton, Michigan.

17. Ash, M.J., Knobloch, P.C., and Peters, N., 1980. Energy Analysis of Energy from the Forest Options. ENFOR Project No. P-59. Canadian Forestry Service, Ottawa, Ontario.

18. Folkema, M.P. 1970. Whole tree chipping with the Morbark Model 22 Chiparvester. Forest Engineering Research Institute of Canada, Pointe Claire, P.Q., Canada. Technical Note No. TN-16. November 1977.

APPENDIX A

Steam Generator to Burn Whole Bales

ACKNOWLEDGEMENT

I am grateful for the assistance given to me by

John Burnett and Dave Winship of Combustion Engineering - Superheater Ltd., Ottawa, Canada for freely contributing the concept design and specifications of the Steam Generator to Burn Whole Bales, Appendix A.

APPENDIX A

Steam Generator to Burn Whole Bales

Based on the following description of baled harvesting residues:

Harvesting Residue Bales

Dimensions:	- length	1.8 M
	- width	1.2 M
	- height	1.2 M
Specific Gravity:	- .56 hardwood (ie. maple)	
Moisture Content:	- 100% (dry basis)	
Solid Volume Factor:	- 54% solid volume	
Bale Weight:	- 1570 Kg (green weight)	
Max. Particle Dimensions:	- 15 cm diameter - length 2 M	

Combustion Engineering - Superheater Ltd. of Canada (C.E.) considered the feasibility of using bales as direct fuel to supply the base load of a steam generator. The assumptions made regarding the generator requirements were:

(a) 300,000 lb/hr @ 850°F/900 psig;

(b) 2/3 of heat input from whole bales;

(c) 1/3 input from hogged wood @ 55% MC to accommodate load swings;

(d) allowable grate heat release rate is the same for bales as for hogged wood; and

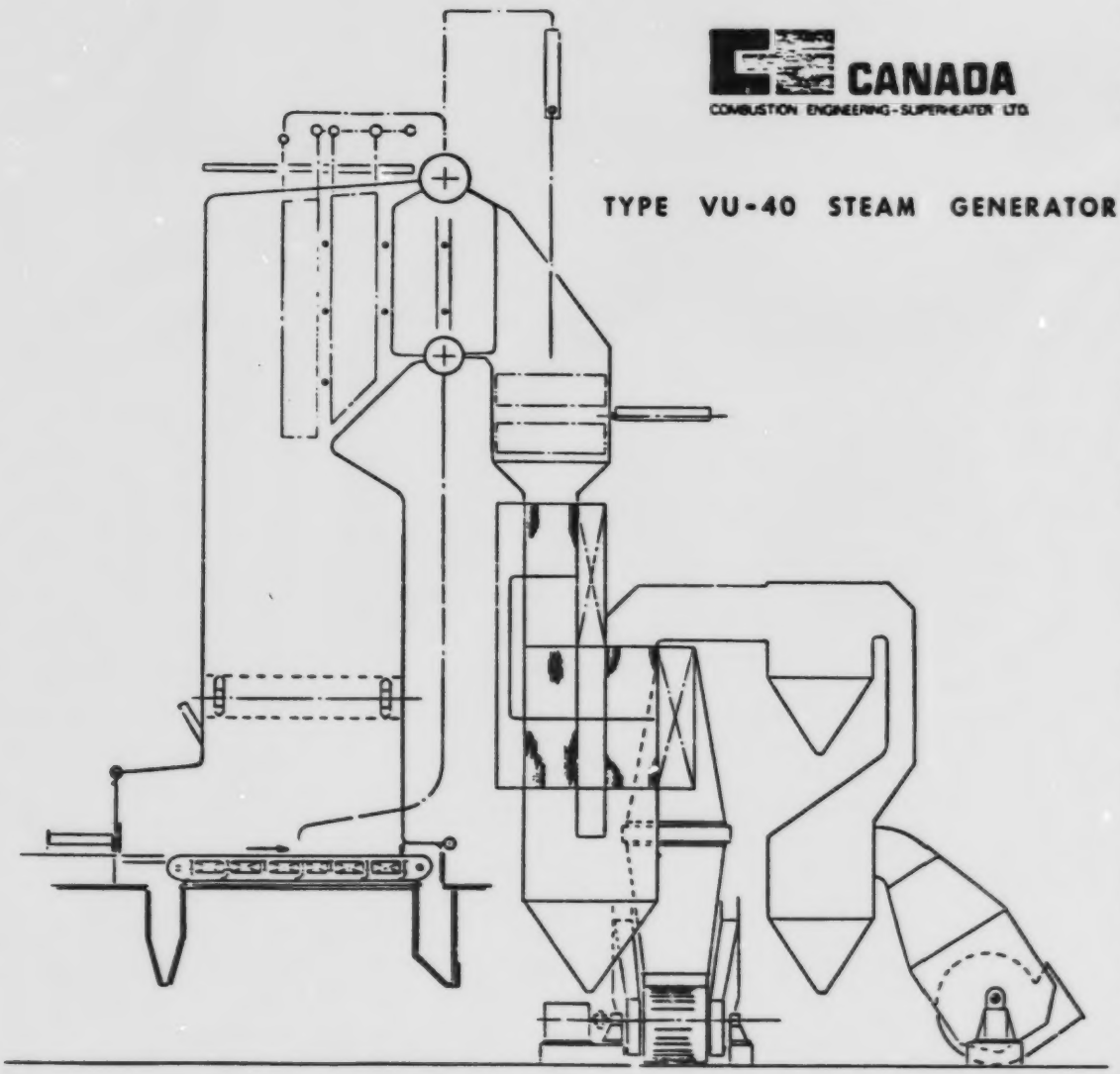
(e) the furnace leaving temperature will be the same as for the same heat input from straight hogged wood.

Based on these assumptions, a standard unit design known as a C-E VU-40 type top supported, balanced draft, welded-wall furnace with a travelling grate stoker and a two-drum generating bank was chosen. See Figure 1. The furnace dimensions would be:

Width:	7.0 metres
Depth:	6.6 metres
Distance between boiler drum centres:	6.0 metres
Travel Grate Stoker Width:	3.6 metres

CANADA
COMBUSTION ENGINEERING-SUPERHEATER LTD.

TYPE VU-40 STEAM GENERATOR



An approximate 1981 cost for the hog/oil firing boiler producing similar quality steam would be $6.5 million erected. Combustion Engineering expects that the unique materials-handling equipment required to infeed the bales would raise the cost by 3-4%.

The price would include:

- boiler and furnace;
- travelling grate;
- hog fuel distributors;
- multi cyclone dust collectors;
- force draft fan;
- induced draft fan;
- combustion air and gas ducts;
- steam soot blowers;
- tabular air heater;
- economizer; and
- insulation and lagging.

Not included would be the equipment to recover stored bales and transport them to the boiler infeed mechanism. They would likely cost another $5-6 million.

To supply the steam load, 73 tonnes of wet wood would be needed each hour - 49 tonnes of bales and 24 tonnes of hogged material.

This requires a bale infeed mechanism capable of delivering a bale to the boiler grates every 2 minutes of operating time. Assuming a 365 day-a-year, 24 hours-a-day operation, 430,000 tonnes of bales and 215,000 tonnes of hog would be required.

The principal problem that Combustion Engineering recognized in utilizing these bales was the lack of a suitable infeed mechanism, though they saw no reason why one could not be constructed to deliver bales at the required rate. The existing boiler technology should have no difficulty in burning pieces as large as those proposed in the initial assumptions. The biggest potential problem in the combustion zone would be the disposal of banding material, assuming metal bands were required. The bands would likely cause problems with the interlocking keys of the moving grates and would have to be removed from the ash hopper. Of course, this assumes the worst case where suitable combustible banding material cannot be used.

To minimize tramp air leakage, a double-door sealing arrangement would be used to batch feed the generator. High air infiltration would mean high excess air would be used to burn the wood, thus decreasing efficiency through the dry gas losses in the stack. A similar air lock system has been used in feeding whole, 1.1 m diameter, rolled bales (300-400 Kg green) to crop drying gasifiers, (Piell (13)).

Two methods are proposed for stoking the generator with bales:

Alternative 1: The bales are conveyed to the side of the generator on a conveyor system which passes the bales through a first sealing

door immediately before the leading corner. After they pass through, the first door shuts. The conveyor system inside the air/gas lock positions the bales in front of a mechanical or hydraulic ram. A second door then opens and the ram pushes the bale at right angles to the conveyor onto the travelling grate system. The bales would be delivered as required to the appropriate grate location. Figure 2a illustrates this infeed concept.

Alternative 2: The bales are transported to the boiler front and fed through a sealing door by a hydraulic or mechanical ram. After the first door is reclosed, a second door under the bale would be retracted allowing the bale to slide down a water-cooled slope onto the travelling grate. Figure 2b illustrates this concept.

In the opinion of C.E.'s engineers, the technology needed to burn large pieces of roll-crushed wood in bale form exists. There are simply no infeed facilities available with which to test the concept on a full scale basis. Their suggestion was to test burn this type of material on the travelling grate system of an existing installation simply to demonstrate that it was possible to burn long splinters in bale form. Likely the largest bale that could be attempted would be no larger than 2 feet by 2 feet in cross-section. The key point of interest would be to observe the effect on rates of combustion of using bales of very long thin splinters rather than short splinters of roughly the same cross-section. The assumption is that after some minimum length is exceeded, particles will burn (tonnes/hour) at a rate independent of the particle length. The combustion rate would be determined primarily by the cross-sectional dimensions.

A final aspect of this rate of combustion consideration is that bales of slivers, all generally aligned, would have parallel air/gas paths through their lengths. This might result in a greater effective surface area being exposed to the conversion process thus aiding the drying and burning, than is indicated by the particle size. In traditional applications, considerable drying is accomplished in suspension when hogged fuel is delivered to the unit by distributors which throw the fuel across the furnace onto the grate. However, once on the grate these particles can form piles of material which have a low permeability to over-fired air. Bales with a properly designed over-fire air pattern might therefore dry more readily than would the piled hog material.

While this example has concentrated on a moving grate situation, there is no reason why a similar system could not be attempted with a stationary pinhole grate. There, the significance of pile permeability would be more important as would be the use of combustible banding material.

In summary, from a combustion control point of view, there is no reason why bales cannot be used as a direct fuel, particularly for base steam load supplies. Although the infeed equipment is not available, its development is not considered to represent a significant problem. Only an application needs to be found.

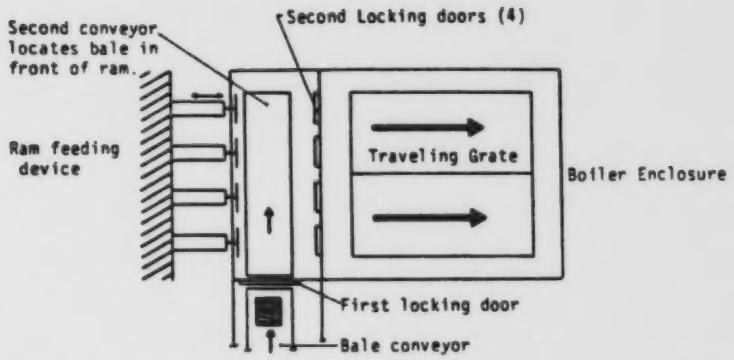


Figure 2a

BALE INFEED: ALTERNATIVE 1

Bales are delivered through the first locking door by conveyor and positioned, stopping in front of the required grate location. The ram then pushes them off the conveyor onto the grate, through the second locking door.

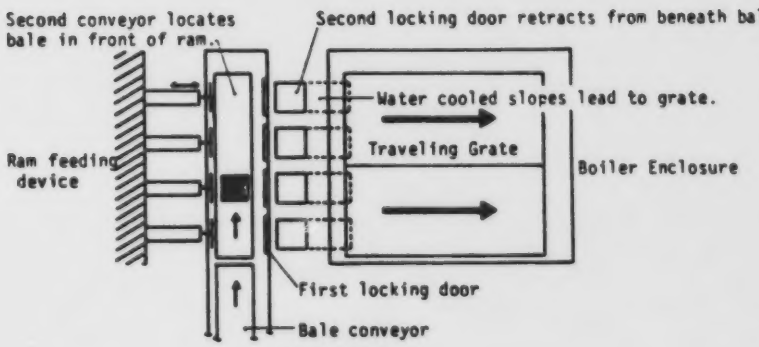


Figure 2b

BALE INFEED: ALTERNATIVE

Bales are delivered in front of ram and are pushed through first door onto the top of the second door. When the first door closes, the second door opens beneath the bale and allows it to slide down a water cooled slope to the traveling grate.

APPENDIX B

FERIC'S EXTENDED BIOMASS HARVESTING PROJECT

APPENDIX B

FERIC's Extended Biomass Harvesting Project

Studies to be undertaken by the Institute pursuant to the forest biomass for energy agreement between the Institute and Canada.

The following described studies are to be included in this program. They deal with inventorying forest biomass after conventional logging operations, with the production of this biomass wood into a useable form, to establish production and cost data and energy-conserving techniques to reduce such biomass to useable form.

Study 1

Title: Inventory of Logging Residues and Unmerchantable Species on Conventional Logging Operations

Objective: To determine the amount of biomass residues recoverable under different conventional harvesting systems, e.g. shortwood, tree length and whole tree systems in various forest types on various sites in selected forest regions. Methodology development and demonstrations are required.

Background: The Canadian Forestry Service's Energy from the Forest (ENFOR) Program is to promote research and development (R&D) to enable the substitution of forest biomass for significant quantities of fossil fuels in the production of energy. In considering forest biomass sources and the R&D to develop them, three scales have been recognized: Scale 1 addresses existing residues at wood-using plants. Scale 2 is concerned with residues from conventional logging operations. These include currently unused portions of trees harvested as well as currently unmerchantable trees and species left behind. Scale 3 visualizes the development of energy plantations and the harvest of these, as well as the harvest of natural forests, for energy.

Study 1 is concerned with Scale 2. Before field scale trials of equipment can be justified, it must be established what residuals exist in terms of weight, their distribution, and the effect of various logging systems upon them. This project then is to assess the amount of residuals, their form and their distribution.

Representative areas in the forest regions of Canada where conventional forest operations are being conducted for both softwoods and hardwoods should be sampled. Sites examined should include pure lowland softwood (usually 100 per cent pulpwood), pure upland softwood types, upland softwood dominant, and upland softwood dominant, and upland hardwood dominant types.

The areas should be recently cutover, within the past year or two. It is expected that most, if not all foliage (leaves and needles) will be off the slash but not necessarily off the residual trees.

There is a marked difference between a survey for residue volume and for biomass. In the former, volumes of wood are measured and/or estimated to predetermined standards of measurement. If considered for conventional

consumption by the forest-based industries the specifications are generally related to mill conversion equipment. However in the case of inventorying residues and residuals for biomass, there are no equivalent specifications as we are concerned basically with oven-dry weight of cellulosic material including bark, decayed wood, branches, etc. The result of this is to make the biomass inventory more time consuming.

Study 2

Title: Utilization of Logging Residues and Unmerchantable Species of Conventional Logging Operations

Objective: By undertaking field trials with suitable equipment to establish the following:

1. Effect of weights and form of logging residues on production and cost of reduction to useable material.

2. Effect of total weight per hectare of residues and residuals on productivity and cost.

3. Analysis of effects of components of residues and residuals upon productivity and cost (i.e., utilization of substantial chunkwood only, compared with cleanup of limbs and smaller debris).

4. To assess and establish compatability of various equipment for highest efficiency.

Background: It is essential that productivity and cost of output be determined for various machines and combinations of machines operating under a range of site conditions and biomass weights and shapes.

It is a widely held belief that it is physically difficult and uneconomic to take a second pass through a cutover stand to salvage the residues and residuals. However, there is no information available to support this supposition.

Existing machines may not be suitable for this activity and if not, proposals for new machines should be made, with supporting specifications.

Study 3 K.C.JONES & ASSOCIATES LTD.

Title: To Develop Energy Requirements for theProduction of Biomass in a Form Suitable for Conversion to Energy

Objective: To demonstrate or develop equipment which will be the least energy demanding for reducing forest biomass to a useable form. This may be by chipping, hogging, crushing, producing in chunks, or macerating.

Background: The breakdown of wood into small elements to date usually has been by and for the wood pulp manufacturing industry. The utilization of biomass for energy, as far as is known, does not require wood pulp chip specifications and may take almost any form which can be physically handled and transported.

FOREST ENGINEERING RESEARCH
INSTITUTE OF CANADA
Pointe Claire, P.Q.

Part of
ENFOR PROJECT No. P-28
EXTENDED BIOMASS
HARVESTING

ENERGY REQUIREMENTS AND PRODUCTIVITY OF THE FLING SOLID WASTE DEMOLISHER

Keith C. Jones

K.C. Jones & Associates Ltd.
Ottawa, Ontario
March 1981

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank the following people for their co-operation and assistance in completing this test.

MacMillan Bloedel Ltd. and its personnel Ron Greenaugh and Doug Ratton for making the equipment accessible for our tests and their generous assistance during the tests.

FERIC and its personnel Bruce Johnston and Alex Sinclair. FERIC's experience in past residue processing trials was of invaluable assistance in our tests. In particular, the sampling techniques used in gathering the debris description data were developed by FERIC and most of the field and lab work was completed by their personnel.

ABSTRACT

To direct efforts in developing techniques to reduce the energy requirements of comminuting harvesting residues into fuel, the Fling Solid Waste Demolisher (SWD) was tested as it processed sortyard debris. The size distribution of its product, energy requirement distribution and productivity are discussed in detail. The results indicate the SWD's energy requirements are high in comparison to a chipper, and that it is relatively immune to damage by tramp steel and stones. Its productivity and energy efficiency are most seriously limited by the inability of linear infeed systems to maintain a load near its technical capacity.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
1.	INTRODUCTION	C1
2.	OBJECTIVES	C1
3.	MACHINE DESCRIPTION	C1
4.	TEST PROCEDURE	C3
5.	RESULTS	C8
6.	DISCUSSION	C12
7.	CONCLUSIONS	C13
	REFERENCES	C15

LIST OF FIGURES

NO.		PAGE
1.	Fling Solid Waste Demolisher (SWD)	C2
2.	No-load Fuel Consumption vs. Engine Speed	C3
3.	Prototype Debris Processing Set-Up	C4
4.	Material Flow Pattern: Schematic	C5
5.	Instrumentation Set-up	C6
6.	Size Distribution of Raw, Processed, Undersized Debris and Processed Roundwood.	C10
7.	Energy Requirements of the SWD	C11

LIST OF TABLES

NO.		PAGE
1.	Activity and Fuel Consumption Distribution	C8
2.	SWD Energy Losses	C9
3.	SWD Energy Requirements: Processing Sortyard Debris	C10
4.	SWD Energy Requirements: Processing Roundwood	C12

1. INTRODUCTION

This report describes the energy requirements of the Fling Solid Waste Demolisher (SWD) for processing sortyard debris. The energy requirements were measured in a manner which allowed the fuel consumption associated with individual activities to be identified. As well, some brief tests were conducted to identify the energy requirements of the SWD processing roundwood bolts. The energy consumption tests were conducted by K.C. Jones & Associates Ltd. as part of FERIC's Extended Biomass Harvesting agreement with the Canadian Forestry Service's ENFOR program.

At the same time FERIC's own personnel conducted tests to determine the productivity of the entire prototype debris processing system, evaluate the raw material and product, and assess the potential of the overall collection processing and transportation system. Personnel from the two groups assisted each other in gathering samples and data required for their individual efforts.

The results presented in this report are narrower in scope than those of FERIC's Johnston (1), dealing in detail with the performance of the SWD which functioned as the central comminution element of a screen and conveyor system for sorting and comminuting debris gathered from the sortyard.

The debris processing system was built by MacMillan Bloedel Co. Ltd. to determine whether sortyard debris from their China Creek sortyard, 15 km from Port Alberni, BC, could be used as hog fuel in their Alberni-Pacific Pulp Mill. Concurrent with the mill undergoing a shortage of mill-supplied hog fuel, the China Creek sortyard debris dump was nearly full. The high costs of trucking additional hog fuel from east coast saw mills and establishing a new dump site would be reduced and eliminated respectively if the debris could be utilized in the boilers.

2. OBJECTIVES

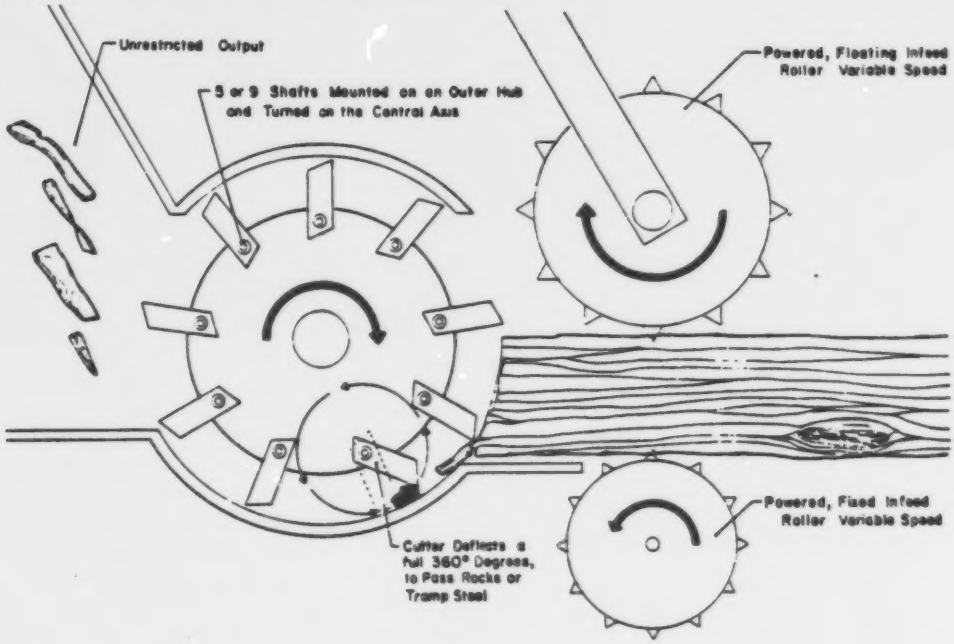
The objectives of this test were:

- to generate data with which to begin an evaluation of the energy requirements of comminuting harvesting residues on a measured distribution of fuel consumption basis rather than on a batch processing basis which only relates total productivity to fuel consumption;
- to measure the productivity of the SWD in processing loose debris and solid roundwood bolts; and
- to observe the potential for applying the SWD as a processor of slash or whole tree harvesting residues.

3. MACHINE DESCRIPTION

The SWD processing head is illustrated in Figure 1. It uses the kinetic energy of free-swinging hammers to comminute material. Unlike a regular hammermill or hog, the output chute is unrestricted by screens or grates and the

hammers are free to rotate 360° about their pivot point. The result is a rather forgiving processor able to pass large rocks without damage while producing an output with a broad size distribution.



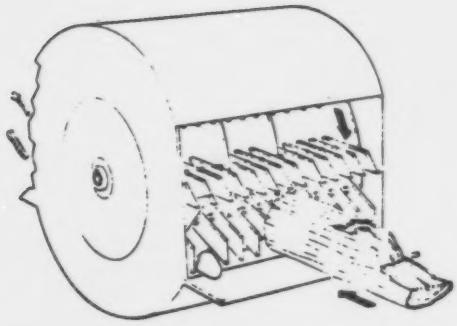


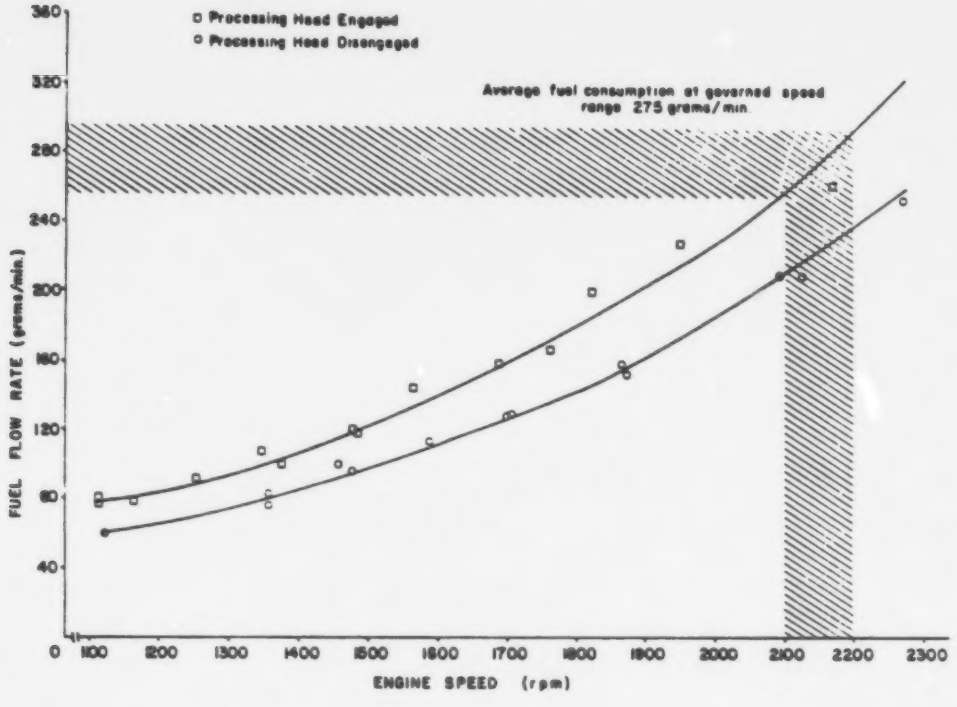
FIGURE 1
THE FLING SOLID
WASTE DEMOLISHER

Since the hammers are free swinging, their performance is significantly affected by rotor rpm. At too low an rpm, the cutters tend to heel in quickly after initial impact. This sensitivity to rotor speed is reflected in the rotor rpm specifications which restrict operating speed to a minimum of 1800 rpm and a maximum of 2200 rpm, the maximum limit being imposed by bearing life requirements. If rotor speed drops below 1600 rpm, the machine quickly bogs out and must be allowed to recover before processing can continue.

In the configuration tested, the SWD was powered by a Cummins NTC 325 diesel engine with a power rating of 242 kwh (325 bhp). The governed processor

speed range was 2150-2260 rpm. The no-load fuel consumption of the engine at from idle to full govern speeds, with and without the processing head engaged, is illustrated by Figure 2.

FIGURE 2
NO LOAD FUEL CONSUMPTION : VS : ENGINE SPEED

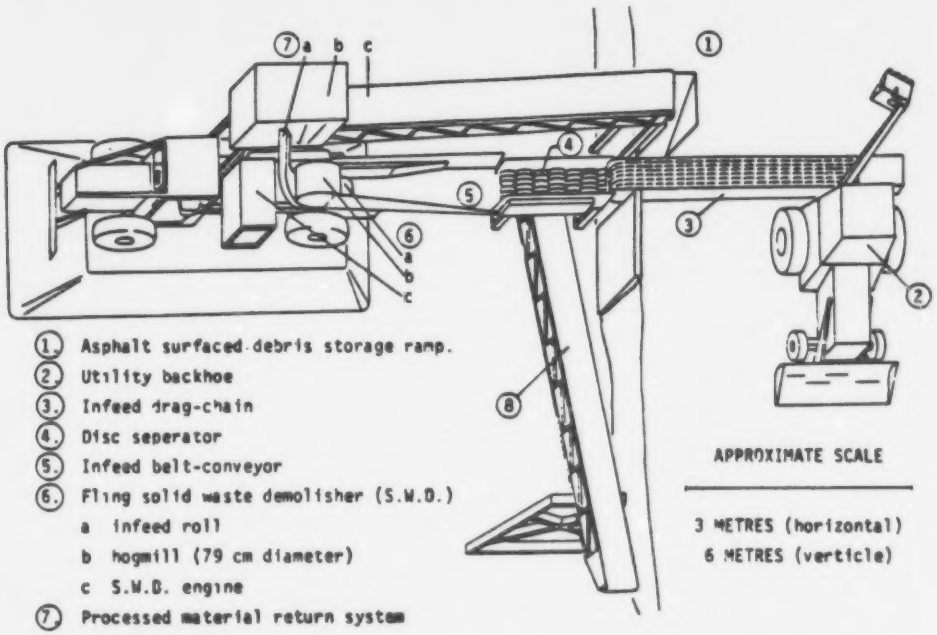


Assuming a brake-specific fuel consumption rate of .23 kg/kw-hr (.38 lb/bhp-hr) at governed speed, the governed speed power requirement is 72 kw (96 bhp), with the processor engaged and 59 kw (79 bhp) when the processor is not engaged. Only 13 kw (17 bhp) is actually used in turning the processor. The remaining 59 kw is taken up in chassis, fan and hydraulic losses to operate the infeed rolls and conveyor belt. In a portable unit, powered by an IC engine, this difference may be recognized as an unavoidable loss. However, in a stationary electric operation, this loss could be substantially reduced. As well as the possibility of decreasing no-load energy consumption, the superior speed regulation of an induction motor is more suitable to a constant speed application like the SWD.

4. TEST PROCEDURE

The layout of the collection, comminuting and loading facilities of the prototype debris processing system is illustrated in Figure 3. In the test the debris was swept by front-end loaders from the asphalt-covered sortyard up a 2 m incline and into a pile next to a sunken drag chain conveyor. A backhoe pulled the

material onto the drag chain at a rate determined by a combination of screen and SWD loading limitations. The drag chain dropped the debris onto a disc separator which passed nominal 5 cm minus material to an inclined conveyor directly into a waiting truck. The over-sized material was passed by the separator onto a horizontal conveyor belt leading to the powered infeed rolls of



1. Asphalt surfaced debris storage ramp.
2. Utility backhoe
3. Infeed drag-chain
4. Disc seperator
5. Infeed belt-conveyor
6. Fling solid waste demolisher (S.W.D.)
   a infeed roll
   b hogmill (79 cm diameter)
   c S.W.D. engine
7. Processed material return system
   a outfeed chute
   b outfeed plenum
   c return belt-conveyor
8. Truck feed conveyor

FIGURE 3
PROTOTYPE DEBRIS PROCESSING SET-UP

the SWD. The speed of the infeed rolls was regulated by the SWD operator to maintain a minimum recommended engine rpm. Once processed by the SWD, debris was returned to the input end of the disc separator where it was again sized for further processing or loading into the truck. The material flow pattern of the system is illustrated by Figure 4.

As the debris was processed, the fuel consumption rate and rpm of the engine powering the SWD were recorded on a dual channel strip chart recorder. In parallel with this system, a digital fuel consumption rate and totalizing indicator were observed during processing. The recording and indicating instruments were operated by one observer from inside a vehicle parked adjacent to the SWD. A second person observing the operation from a convenient vantage point controlled event markers running in parallel on the strip chart recorder and

maintained radio contact with the instrument operator. By using the event markers, the observer could mark "start" and "end" points of various activities and inform the instrument operator of appropriate notes to record on the strip chart, marking each event. In this manner, a very detailed breakdown of waiting and processing times could be obtained. The rpm recording on one channel

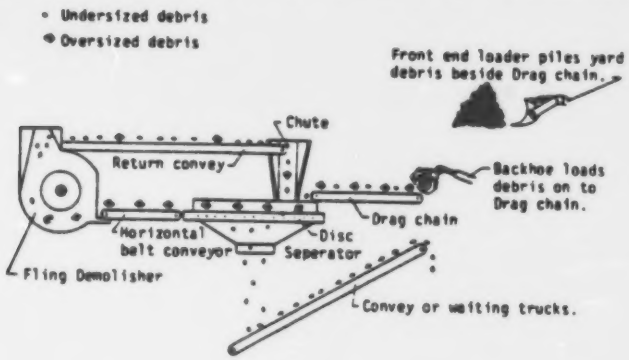


FIGURE 4

MATERIAL FLOW PATTERN : SCHEMATIC

Undersized debris was removed by the disc seperator before reaching the S.W.D. Pieces not sufficiently comminuted by the S.W.D.,were returned by the disc seperator for further processing.

combined with the fuel consumption rate on the other gave an excellent indication of effort levels exerted by the SWD. The digital fuel consumption rate indicator provided an instrumentation check against the strip chart and the fuel totalizing channel yielded an accurate measure of the mass of fuel used to process each truck load. This instrumentation set-up is shown in Figure 5.

During testing, the following activity classifications were marked on each strip chart recording:

PROCESSING: The SWD is performing effective work with debris passing through the processor.

WAITING: The processor is running at full governed speed but is waiting for material to be delivered by the screen and conveyor system. This activity has been further subdivided into the following minor delay classifications such as:

MINOR DELAYS

Infeed Delay: Waiting for material to be delivered to the processor caused by backhoe positioning or moving to reach new material, material hanging up on infeed conveyor, or 100% of the material delivered to the disc separator passed through as undersized, causing the processor to wait.

Remove Oversize: The SWD infeed is limited to a 30 cm maximum diameter. The oversized pieces must be removed by hand or by using a small hydraulic grapple.

Remove Rocks: While the Fling Demolisher will process rocks of considerable size, the infeed must be stopped for by-hand removal of very large stones (15 cm plus).

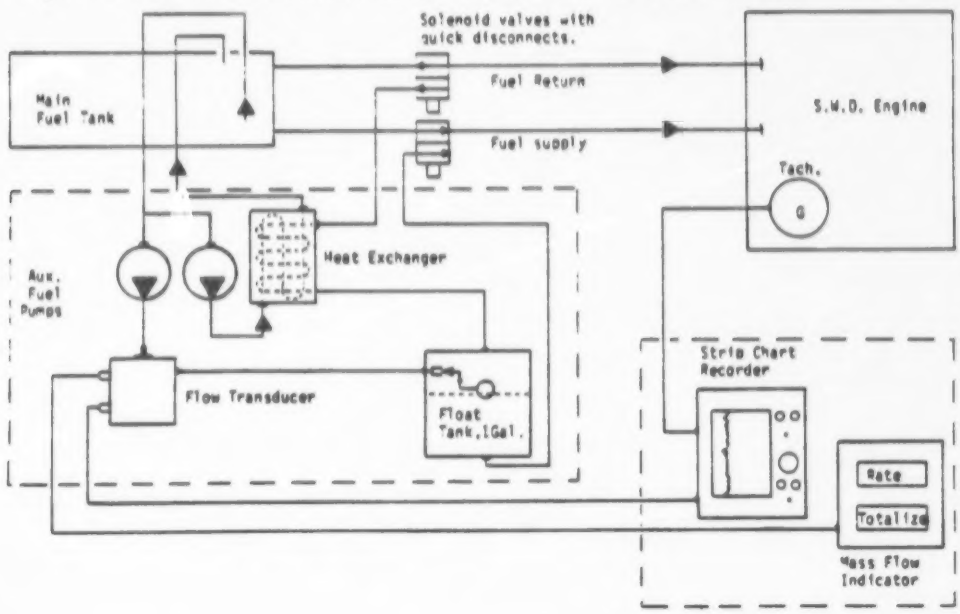
Output Chute Plugged: After exiting the processing head, the material made a 90° turn in the output chute (see Figure 2). On occasion this chute plugged when long splinters were passed through and wedged in the turn of the chute. Excessively wet material also aggravated the situation. This turn would be eliminated in a production machine.

IDLING: The machine is running but not waiting for delivery of material by the conveyor systems. This includes warm-up time and idling while repairs are made to the Fling or conveyor system.

FIGURE 5

INSTRUMENTATION SET-UP

The heat exchanger, float tank and flow transducer were mounted on the S.W.D.. The strip chart recorder and digital indicator were located inside a vehicle parked adjacent to the processing system.



Strip chart recording and a remote observer with an event marking system proved to be a reliable and effective means of gathering data and observations, particularly as the prototype nature of the operation caused frequent delays.

In order to consider the application of the SWD in a broader scope (for example, where whole trees are being processed) its fuel consumption was monitored as measured and weighed pieces of wood were processed in a brief test. The pieces

were bolts of western hemlock (Tsuga heterophylla), red alder (Alnus rubra) and western red cedar (Thuja plicata), roughly 2.5 m in length, 10-25 cm in diameter and 30-80 kg in weight. Moisture content samples were taken from the bolts immediately after processing.

Besides this breakdown of activities, the energy consumption of the chipper was described in terms of Machine, Cycle and Operational energy requirements as first described by Gasslander et al (2). The definitions of these energy requirements follow.

> **Operational energy** is the total fuel consumption of the processor during any operative period. It includes all fuel consumed during waiting, idling, and warm-up periods.

The Operational energy requirement was calculated by dividing the total energy consumption recorded on the totalizing channel of the flow meter by the dry weight of the material recovered. The dry weight of each chip load was calculated using the green weight of the load and the average moisture content of the sample bags gathered at random during the chipping operation as follows:

$$\text{Operational Energy Requirement} = \frac{\text{Total Fuel Consumption}}{\text{Dry weight recovered}}$$

> **Cycle energy** is the total energy consumption of the processor during productive times. It includes the fixed energy consumed by auxiliary equipment such as fans, pumps and blowers.

The Cycle energy requirement was calculated by subtracting the fuel consumed during waiting and idling times from the total fuel consumption. The fuel consumed during waiting and idling was calculated using the measured no-load fuel consumption rate and the waiting time recorded on the strip chart.

$$\text{Cycle Energy Requirement} = \frac{\text{Total Fuel Consumed} - (\text{No-Load Fuel Rate} \times \text{Waiting Time})}{\text{Dry weight recovered}}$$

> **Machine energy** is the energy consumed by the working tools only. It does not include the fixed energy consumption of a machine as it runs at governed engine rpm to operate fuel pumps, fans, etc.

All these energy levels are expressed in terms of the oven dry weight chipped and blown into the van.

The Machine energy requirement was calculated in a manner similar to the Cycle energy. The no-load fuel consumption rate times the total running time was subtracted from the total fuel consumption. This yielded the energy consumption by the chipping process only, independent of the fixed energy consumption of the equipment.

$$\text{Machine Energy Requirement} = \frac{\text{Total Fuel Consumption} - (\text{Total Time} \times \text{No-Load Fuel Rate})}{\text{Dry weight recovered}}$$

Figure 3 illustrates the relationships between the three energy levels calculated from the test results. The additive nature of errors into the subtraction

process used in calculating the Cycle and Machine energy levels obviously introduces errors into the results. However, no other approach was feasible within the restriction imposed by field testing conditions.

5. RESULTS

During the tests period between May 19 and June 3, 1980, 859 minutes of SWD operating time were used to recover 56.82 oven dry tonnes (ODt) at 127% moisture content (MC) with 7% non-combustibles content and an average 20.7 megajoules (MJ)/ODt kg higher heating value.

Several adjustments were made to recording techniques during the first days of testing, therefore only 6 of 10 truck loads were monitored in a manner which allowed a detailed analysis to be made of the processing, idling and waiting times. These six loads contained 34.76 ODt of debris and were processed in 400 minutes, using 137 kg of diesel fuel. The productivity of the system during the recorded time was 5.2 ODt/operative hour. An operative hour is defined as the time when the system is mechanically available and a receiving truck and personnel are on site.

Table 1 summarizes the pattern of activities and fuel consumption measured. From it, 60% of the recorded time was spent processing material, 24.6% waiting for minor delays, 5.4% idling at less than governed speed and 10.0% shutdown to clear a jammed screen or a plugged output chute. Eighty percent of the fuel used was consumed during processing time and the remainder during waiting or idle times.

TABLE 1

FLING SWD
ACTIVITY AND FUEL CONSUMPTION DISTRIBUTION
(Debris Processed = 34.76 ODt)

ACTIVITY	TIME (min)	TIME (%)	FUEL CONSUMPTION (kg)	FUEL CONSUMPTION (%)
PROCESSING	240.7	60	108.00	78.9
WAITING				
infeed delay	63.2	15.7	17.35	12.7
remove oversize	10.1	2.5	2.78	2.0
remove rock	4.8	1.2	1.32	1.0
chute plugged	18.6	4.6	5.12	3.7
other	1.9	.5	.52	.4
SUBTOTALS	98.6	24.6	27.12	19.8
IDLING	21.5	5.4	1.71	1.2
SHUTDOWN				
screen jammed	21.1	5.2	0.0	0.0
chute plugged	19.0	4.8	0.0	0.0
TOTALS	400.9	100	136.83	100

During processing the average fuel consumption rate was .450 kg/min. Of this, .275 kg/min were being used to supply the engine base load, operating fans, pump, etc. Therefore, while the tabled figures indicate that 108 kg of fuel were consumed while processing, only 66 kg of this were consumed as the base load of this processor. In all, engine base load, waiting time and idling accounted for 94.83 kg of the 136.83 kg of fuel used (see Table 2). Therefore, while 79% of the total fuel consumption was used during processing, 69% was consumed as engine base loads or in minor delays.

TABLE 2

SWD Energy Losses

Cause	Kg of diesel fuel lost
energy base load while processing	66.00
waiting time	27.12
idling	1.71
TOTAL	94.83 kg of fuel

Sortyard debris comes from bark and log ends broken off during scaling operations. It is generally wet, 100% MC plus, and contains a high proportion of non-combustibles, rock grit and tramp steel such as bundling cables. Figure 6 describes the size distributions of the raw debris, processed debris recovered in the trucks and raw debris passed by the disc separator before reaching the SWD (undersized debris).

It was not possible to measure the proportion of raw debris removed by the separator before reaching the SWD or the proportion recirculated more than once through the SWD. However, as a best estimate, we have assumed that only the fraction of raw debris greater than 5 cm was processed. This fraction, processed debris, represents 45% of the weight of the recovered debris and agrees roughly with subjective estimates made of the portion of raw debris being processed.

Since only 45% of the recovered debris was actually passed through the SWD, energy levels can be expressed on the basis of either the recovered or processed debris weights. In analyzing the particular system tested, the recovered weight basis is most relevant. On a broader scope, such as using the SWD to process slash without a prescreening operation, the processed weight basis is more significant. Both views have been presented in Table 3. The total weight of material recovered was 34.76 ODt. The weight of material processed has been estimated to be 15.64 ODt of debris.

TABLE 3

SWD Energy Requirements
Recovered and Processed Weight Basis

Basis	ENERGY REQUIRED (MJ/ODt)		
	Machine	Cycle	Operational
Recovered Weight	53	136	172
Processed Weight	117	301	383

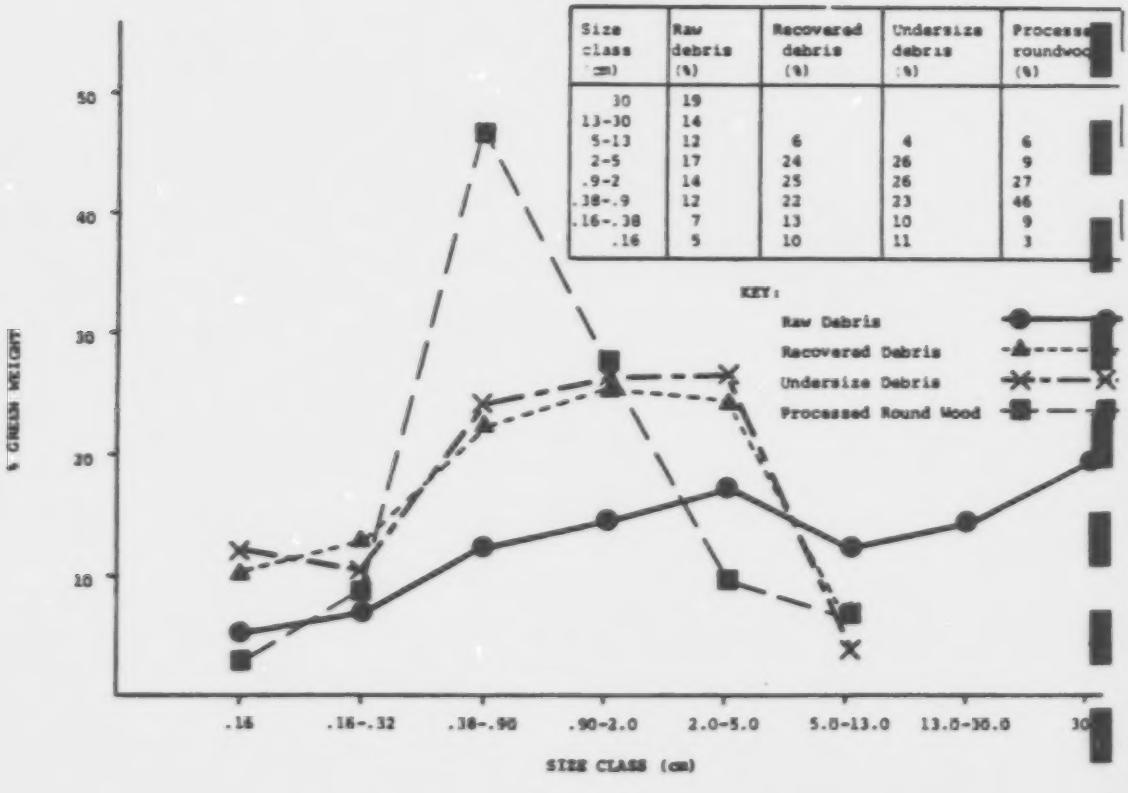


FIGURE 6
SIZE DISTRIBUTION OF RAW, RECOVERED, UNDERSIZED DEBRIS, AND PROCESSED ROUNDWOOD

The differences (losses) between each energy requirement level are illustrated in Figure 7. Also included is the energy requirement distribution measured while processing roundwood.

During the tests to determine the SWD's energy requirements to process roundwood bolts, a mix of 12 measured and weighed bolts of red alder, western hemlock and western red cedar totalling .244 ODt at 100% MC was processed in 202 seconds. The bolts were 2.5 m in length. While it would have been desirable to process more than this very small sample, the SWD and screen system, due to their prototype nature, had been plagued by mechanical problems. Therefore, the sample was small so as not to jeopardize the regular test.

While the results are based on a small sample they are indicative of the Machine energy requirements to be expected from this type of machine. The Operational and Cycle levels are, of course, determined by the materials handling situation and are therefore representative of the experimental nature of the test.

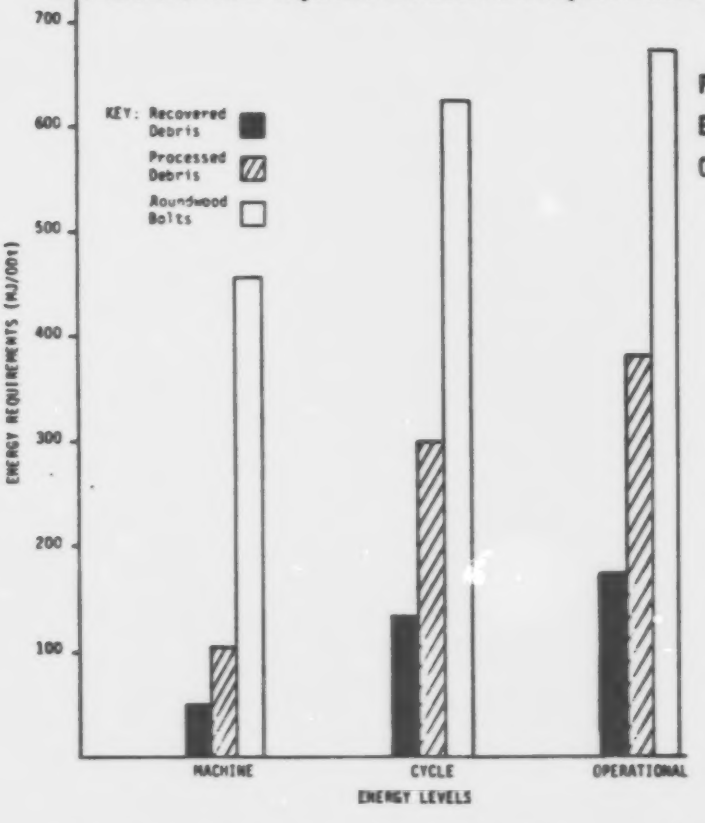


FIGURE 7
ENERGY REQUIREMENTS
OF THE S.W.D.

	Energy required (MJ/ODt		
	Rec.'d	Proc.'d	Round
Mach.	53	117	460
Cycle	136	301	636
Oper.	172	383	682

The size distribution of the roundwood processed during this test is shown in Figure 6. The energy requirements measured are shown in Table 4. Due to the test arrangement, a meaningful Operational energy level could not be measured, but was calculated assuming that the machine would be processing bolts for 75% of each operating hour with the average no-load fuel consumption rate of .275 kg diesel fuel/minute. The productivity of the SWD under these conditions was 3.2 ODt/operating hour (based on 202 seconds to process .244 ODt).

TABLE 4

Energy Requirements
SWD Processing Roundwood

Level	Energy Requirement (MJ/ODt)
Machine	460
Cycle	626
Operational*	682

* calculated (see text for assumptions).

The difference between the Machine and Cycle energy levels (the base load of the machine) is only 176 MJ/ODt or 26% of Cycle energy. During the test, average productive fuel consumption was 1.04 kg/min. Equivalent to a 271 kw load at .23 kg/kw-hr, this is equal to rated power available. The flywheel effect of the processing head was obviously supplying additional energy over the very short time it took to process each bolt. Therefore the Machine energy requirements measured are lower than could be expected for the SWD in long term service.

6. DISCUSSION

The distribution of energy consumed by the SWD (Figure 7) is indicative of the difficulty all harvesting residue processor systems have in maintaining a load factor even close to their technical capacity. In this case, 32% (66 kg) of the fuel consumed while processing debris was used in actual comminuting of the debris. In other studies, the energy distribution has been calculated for chipping piles of slash at roadside, (Gasslander et al (2)). In that case, only 16% of the energy was assumed to have been applied at the Machine energy level. By this comparison, the distribution of energy consumed by the SWD is relatively good. However, our figures do not account for the energy consumed by the drag chain, disc separator conveyor belts and backhoe.

The productivity of the debris processing system, 5.2 ODt/productive hour, is quite good by comparison to other residue recovery operations. Using data from Blakeney's (3) Study of a harvesting residue processing system, the productivity of large grapple-assisted chippers was 2.12 ODt (227 tonnes at 122% MC in 48 operative hours) and 1.28 ODt (102 tonnes at 150% MC in 32 operative hours). The machines tested were a Nicholson Complete Tree Utilizer and a Bartlett

chipper, both 450 kw rated machines. This comparison is not to suggest that the SWD is better than either of these machines. It simply points out that the infeed system is in all cases the limiting factor and usually consumes more energy than the comminution.

The size distribution of the material output by the SWD is broader than that of most hammermills and chippers. Further, the size distributions shown in Figure 6 are those of the entire system where the disc separator has recirculated oversized particles. Once the infeed rolls lose their grasp at the end of a large piece, it is pulled instantly into the SWD and often passes through as large splinters 30 cm or long. These large pieces are not included in Figure 7. This type of operation is characteristic of any "hog" operating without a sizing screen to recirculate material. The Montgomery Tie Destroy, a punch and die hog used as a railway tie processor, also operates without the usual sizing screen to prevent damage from rock and tramp steel.

One advantage of the SWD over conventional chipping devices is a wide ranging infeed speed capability from zero to 420 fpm. This allows the operator to maximize productivity, though using high infeed speeds with small infeed elements results in a broad size distribution.

The results of the very brief test run while the SWD processed roundwood bolts suggest that, while it is capable of processing material up to 30 cm in diameter, the energy cost would be roughly 8 times that of a chipper when processing large diameter residues. Adjusting the 460 MJ/ODt Machine energy requirement of a diesel powered SWD to an electric basis yields 160 MJ/ODt as compared to 10-20 MJ/ODt required by a pulp chipper, (Papworth and Erickson (4)). Energy conversion efficiencies of 30% and 85% were assumed for diesel and electric engines respectively.

The productivity of the SWD as measured by FERIC's conventional time sampling studies is in close agreement with those measured by K.C. Jones & Associates Ltd., using observers and a commented strip chart recorder. FERIC measured the productivity to be 5.16 ODt/operative hour over the entire study period (11.2 green tons/hour at 117% MC), and our measurements indicated 5.2 ODt/hour for 6 rather than 12 shifts.

The report prepared by FERIC, Johnston (1), gives a very comprehensive evaluation of the quality of the fuel produced. In particular, it points out the potential for improvement of the quality by screening out the very fine fraction to reduce the non-combustibles content represented by grit and sand. Johnston also speculates on the possibility that this smaller size fraction has a higher than average moisture content, presumably due to its high specific surface area retaining large quantities of water by surface tension. Johnston's laboratory test did not reveal this aspect of fuel quality improvement though he suggests that unavoidable delay in determining moisture content masked this effect. Based on our observation of the same test, we agree with his evaluation.

7. CONCLUSIONS

The energy consumption of the SWD is considerably higher than that of a chipper or knife hog producing a similar size product. However, by comparison, it is also immune to damage by stones or tramp steel.

In the debris processing system tested, its productivity was 5.2 ODt/operative hour, which is high in comparison to other harvesting residue comminution operations. The diesel engine Operational energy requirement to run the SWD was 383 MJ/ODt. When briefly tested, processing roundwood bolts, the productivity decreased to 3.2 ODt/operative hour and the Operational energy requirement increased to 682 MJ/ODt.

The SWD's variable high speed infeed system 130 M is ideally suited for a small diameter residue processing application. It allows the operator to maximize the load applied to the machine which, at the same time increases productivity.

As tested in the debris processing system, the SWD simply operated as a hammermill with its sizing screens removed to the location of the disc separator to prevent damage by tramp material. However, the unique ability of the SWD cutters to rotate a full 360° about their point of rotation, renders them more effective in preventing damage than cutters in the system often used by other impact machines which allow only a limited deflection of the hammers.

The SWD is ideally suited to processing smaller-diameter harvesting residues up to perhaps 15 cm, though it can be extended beyond this range. In a 250 kw model, as a whole tree processor, its useful limit is probably 20 cm diameter material, particularly for large "hard" hardwoods such as maple. It is more suited for processing broken pieces, slash and branches than whole trees.

REFERENCES

APPENDIX C

(1) Johnston, B.D. 1980. Hog fuel production from sortyard debris. An evaluation of a Prototype System based on the Fling Solid Waste Demolisher. Technical Note No. TN-____, 1 Dec. 1980. Forest Engineering Research Institute, Vancouver, B.C., Canada.

(2) Gasslander, J.E., Mattsson, J.E., Sundberg, U., 1979. A pilot study on the energy requirements in forest logging. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency. Report No. 127, Garpenberg, Sweden.

(3) Blakeney, J.K. 1980. Development and testing of a field treatment system for logging residues. ENFOR Project No. P-36. Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre, Victoria, Canada.

(4) Papworth, R.L. and J.R. Erickson. 1968. Power requirements for producing wood chips. Forest Products Journal, Vol. 16, No. 10.

FOREST ENGINEERING RESEARCH
INSTITUTE OF CANADA
Pointe Claire, P.Q.

Part of
ENFOR PROJECT No. P-28
EXTENDED BIOMASS
HARVESTING

ENERGY REQUIREMENTS AND PRODUCTIVITY OF A PORTABLE KNIFE HOG

Keith C. Jones

K.C. Jones & Associates Ltd.
Ottawa, Ontario
March 1981

ABSTRACT

Productivities and energy efficiencies of traditional whole tree chippers processing harvesting residues have, under most test conditions, been poor. To compare these previous test results with a smaller, manually intensive operation, the productivity and energy consumption distribution of a portable knife hog were measured. It was fed manually from green and dry hardwood slash windrowed at roadside. The energy requirements and productivity of this operation are compared to more mechanized systems. They show the same poor results, for the same reasons, the inability of traditional linear infeed systems to maintain adequate load factors on the chipping elements.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
1.	INTRODUCTION	D1
2.	OBJECTIVES	D1
3.	MACHINE DESCRIPTION	D2
4.	TEST PROCEDURE	D4
5.	RESULTS	D5
6.	DISCUSSION	D6
7.	CONCLUSIONS	D12
	REFERENCES	D13

FOREST ENGINEERING RESEARCH
INSTITUTE OF CANADA
Pointe Claire, P.Q.

Part of
ENFOR PROJECT No. P-28
EXTENDED BIOMASS
HARVESTING

BALING ROLL-SPLIT HARVESTING RESIDUES

Keith C. Jones

K.C. Jones & Associates Ltd.
Ottawa, Ontario
March 1981

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank the Department of Industrial Forestry Operations at the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Va., and in particular, Dr. William B. Stuart and graduate student Allan Gleason, for their generous assistance in completing these tests.

LIST OF FIGURES

NO.		PAGE
1.	Knife Hog	D2
2.	Instrumentation Set-up	D4
3.	Direct Energy Levels	D6
4.	Size Distribution of Knife Hog Chips	D8
5.	Energy Requirements to Knife Hog Elm Slash from Random Piles	D10

LIST OF TABLES

NO.		PAGE
1.	Activity and Fuel Consumption Distributions	D7
2.	Knife Hog Energy Requirements	D8
3.	Energy Loss Distribution	D9
4.	Productivity of Residue Chipping at Roadside	D9

1. INTRODUCTION

In several studies and reviews of energy requirements, intensive manual harvesting operations have been identified as being less energy-intensive than mechanized operations, (Ash, Knoblock and Peters (1), Gasslander, Mattsson and Sundberg (2)). This conclusion has, however, been based on observations and calculations made regarding conventional pulp harvesting operations. Very few data with which to contrast the energy requirements of recovering and processing harvesting residues at roadside are available. Those available, describe mechanized systems employing large, high-powered chipper and grapple combinations. Gasslander et al (2) have calculated, assuming theoretical load factors, the energy requirements of a Bruks 1200 C chipper and grapple combination (250 kw) processing logging slash at roadside. Blakeney (3) has measured the total energy consumption of a Nicklson Complete Tree Utilizer and a Bartlett chipper, both 450-475 kw rated, as they processed harvesting residues windrowed into piles at roadside.

To the writer's knowledge, no data have been gathered to quantify the energy requirements and productivity of a manually-fed system chipping slash into trucks at roadside. In view of the lower energy requirements of intensive manual pulpwood systems, a brief test was made to gather data which would accurately describe the energy consumption and productivity of such a system. A portable chipper used by land clearing crews was used in the test. This type of machine is often referred to as a knife hog, because of its unrestricted infeed speed and consequent tendency to pull branches and slash into itself at high speed.

2. OBJECTIVES

The specific objectives in measuring fuel consumption and productivity of the portable knife hog were:

- to generate data with which to begin an evaluation of the energy requirements of comminuting harvesting residues on a measured distribution of fuel consumption basis, rather than on a batch processing basis, which only relates total productivity to total fuel consumption;

- to measure the productivity of an experienced land clearing crew chipping small diameter branch material windrowed at roadside, much the same as harvesting residues might be accumulated by pushing material into random piles;

- to contrast the productivity of the knife hog while processing green and dried material under the above conditions; and

- to gather data which would allow some reasonable comparison to be made between the productivity and energy requirements of manual and mechanized slash processing at roadside.

The data gathered in a test of the scale attempted here is rather specific but so to is that calculated and measured by Gasslander et al (1) and Blakeney (3). Therefore, the test results only begin the task of reliably quantifying the energy requirements and productivity of these systems. In

this case, the tests were made under conditions which provided unlimited access to windrowed piles of branches without the requirement of moving the chipper or waiting for trucks.

While these factors would greatly affect the productivity on a scheduled machine hour basis, and to a lesser degree energy consumption, the scale of test required to take these factors into account was beyond the project's scope. The objective was to gather data based only on productive time by minimizing these external influences.

3. MACHINE DESCRIPTION

The machine used in the tests, an Olathe model 816 chipper, was rented from a local contractor whose personnel had had 2 to 3 years experience in land clearing operations. The machine was two years old and was considered to be in good operating condition. No significance is attached to the make of the machine used. It was simply one of the most powerful machines of its type available. Observation of several crews and machines indicated that its performance was representative of this class of larger knife hogs. Figure 1 illustrates the machine tested. Its pertinent manufacturer's specifications are on the following page.

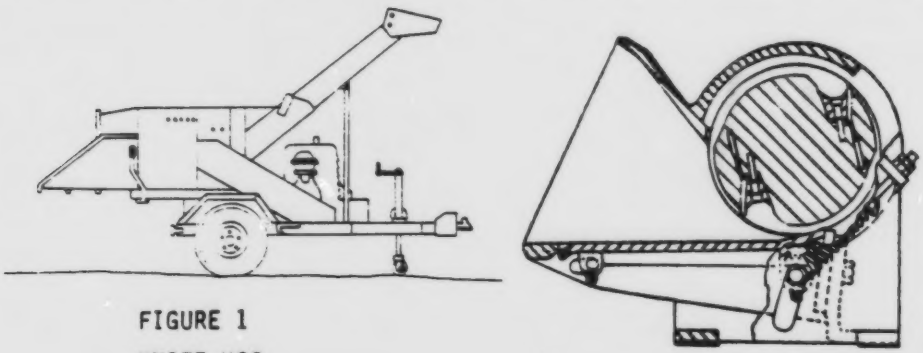


FIGURE 1

KNIFE HOG.

The knife hog tested was regularly employed in land clearing of all types in processing green and dry material, both standing and downed. While it was in good mechanical order, the knives were work-dulled. Unlike pulp chippers whose blades are changed with great regularity, the practice with these machines is to sharpen blades when the crews feel there is a noticeable reduction in the machine's ability to process large limbs. This usually is once over 4 weeks, based on about 3 hours a day continuous working, 5 days a week.

With no infeed rolls to regulate infeed speeds, the particle length tends to vary inversely with the load on the machine. Branches less than 8 cm in diameter are consumed so rapidly that it is usually impossible to measure their feed rate. Even larger branches up to 15 cm are accelerated rapidly.

The speed regulation of the machine is very poor, relying heavily on the flywheel effect to process larger branches. While it is possible to infeed 15 cm diameter branches the machine would not be able to maintain a constant infeed of this size. It would bog out as the engine's rpm is drawn down below its affective operating range.

MACHINE SPECIFICATIONS
KNIFE HOG
Olathe Model 816
Olathe Manf. Inc.
Paola, Kansas

Chipper Unit

Number of knives	- 2
Maximum opening: width	- 42 cm
height	- 23 cm
Chipping cylinder construction	- 63 cm in diameter - 5, 3.8 cm thick plates welded to a shaft. - length, 40 cm - weight, 465 kg
Nominal Chip Size	- varies: dependent on size of input.
Drive System	- belt driven - 1600-1700 rpm - (2000-2400 engine rpm)

Power Unit

Ford Industrial Engine	- 8 cylinder gasoline
Power rating	- 139 kw (maximum brake)
Fuel tank	- 127 litres

General

length	- 3.65 m
width	- 1.7 m
height	- 3.8 m
GVW	- 2270 kg approx.

Applications

Suitable for processing green or dry brush, Christmas trees, kiln dried lumber waste, crating material with nails and banding wire attached and construction form work, 4 x 4's and 2 x 6's.

4. TEST PROCEDURE

Windrowed piles of elm branches which had been trucked to a contractor's private dumping sight were available as test material. One portion of the sample, considered to be dry, had been accumulated during the fall of 1979. The other portion, considered green, was delivered to the area one to two days prior to being chipped. No particular care had been taken in forming the piles. The material was simply dumped from tilt box trucks onto roadside piles measuring from 1 to 2 metres in height as might be done using a forwarder.

The chipper, trailered behind a close bodied van was backed up to within 3 to 8 metres of the piles. The two operators pulled the branches from the piles and fed them into the chipper. They alternated their operations, one pulling branches free while the other fed a load into the machine. This procedure worked well enough and was the standard procedure used by the crew in its regular land clearing and brush disposal operations.

The chipper had been instrumented to record fuel consumption rates and engine rpm continuously. A mass flow transducer was placed between the electric fuel pump and carburetor system. The regular mechanical fuel pump was not used since internal cavitation often caused large errors in the fuel monitoring system, particularly during the hot weather (25-30°C) prevalent during the test period.

Figure 2 illustrates the instrumentation set-up used during the test. The mass flow meter produced both an analog and digital signal proportional to the mass flow rate. The analog signal was recorded on one channel of a strip chart

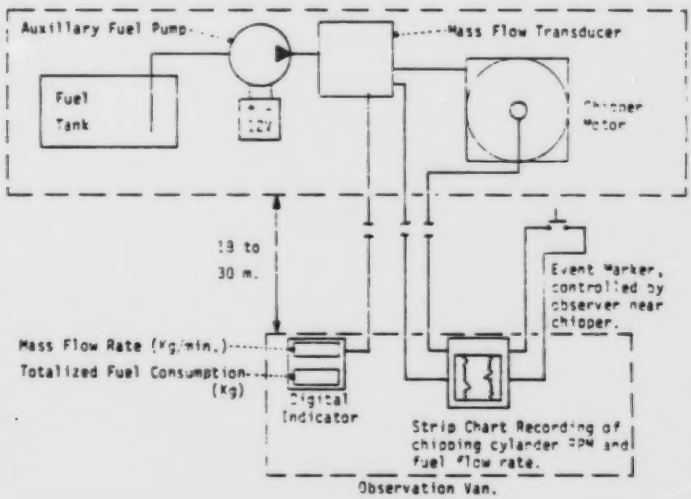


FIGURE 2

INSTRUMENTATION SET-UP

The fuel consumption was monitored and activity analysis recorded using the trip chart recorder in conjunction with event markers and digital totalizing indicators.

recorder, while the output from a tacho-generator directly coupled to the chipper rotor was recorded on a second channel. The strip chart recording provided both a continuous record of all activities and a convenient form on which to record observations and notes as the test progressed.

The strip chart recorder was stationed inside a van parked some 18 to 30 metres from the chipping operation. The van was parked so that the observer located in the van could watch the chipping operation as he commented the strip chart recordings. A second observer was stationed near the chipping operation, controlling an event marker connected to the strip chart recorder. With it, he marked the times during which the machine was actively processing material during the test. This in conjunction with the observers' comments on the strip chart provided a detailed and permanent summary of the test proceedings.

The digital signal from the flow meter was transmitted to a dual channel digital indicator also located in the van. One channel displayed mass flow rates - and the other totalized fuel consumption throughout the test.

At random intervals during each day's testing, bags of chipped material, weighing 3 - 5 kg, were gathered for moisture content and size distribution analysis.

The observer controlling the event marker differentiated between **processing** and **waiting** times only. The operation was so simple that further time breakdown during operating intervals was not necessary.

> **Processing** time was considered to be any time during which branches were on the infeed chute of the machine. Once the blades grabbed the branches, they fed in so quickly that measurement of actual chipping time was impossible. Even measuring the intervals that chips were issuing from the outfeed spout was not practical.
>
> **Waiting** time was any time the machine was running at full governed speed, and able to accept branches, but not being fed. This was due either to the difficulty operators had in pulling branches free of piles or simply to the logistics of two operators feeding the same machine. This type of equipment is exceptionally dangerous and considerable care must be taken to avoid being whipped or more seriously injured as branches are pulled rapidly into the machine.

After each test period, the van in which the chips were collected was weighed to determine productivity.

Besides this breakdown of processing time, the energy consumption of the chipper was described in terms of Machine, Cycle and Operational energy requirements as first described by Gasslander et al (1). All these energy levels are expressed in terms of the oven dry weight, hogged and blown into the van. The definitions of these energy requirements follow:

> **Operational energy** is the total fuel consumption of the processor during any operating period. It includes all fuel consumed during waiting, idling, and warm-up periods.

The Operational energy requirement was calculated by dividing the total energy consumption recorded on the totalizing channel of the flow meter by the dry weight of the material recovered. The dry weight of each chip load was

calculated using the green weight of the load and the average moisture content of the sample bags gathered at random during the chipping operation as follows:

$$\text{Operational Energy Requirement} = \frac{\text{Total Fuel Consumption}}{\text{Dry weight of chips}}$$

Cycle energy is the total energy consumption of the processor during productive times. It includes the fixed energy consumed by auxiliary equipment such as fans, pumps and blowers.

The cycle energy requirement was calculated by subtracting the fuel consumed during waiting and idling times from the total fuel consumption. The fuel consumed during waiting and idling was calculated using the measured no-load fuel consumption rate and the waiting time recorded on the strip chart.

$$\text{Cycle Energy Requirement} = \frac{\text{Total fuel consumed - (No-load Fuel Rate x Waiting Time)}}{\text{Dry weight of chips}}$$

Machine energy is the energy consumed by the working tools only. It does not include either the fixed energy consumption of a machine as it runs at governed engine rpm, or operates fuel pumps, fans, etc.

The Machine energy requirement was calculated in a manner similar to the Cycle energy. The no-load fuel consumption rate times the total running time was subtracted from the total fuel consumption. This yielded the energy consumed by the chipping process only, independent of the fixed energy consumption of the equipment.

$$\text{Machine Energy Requirement} = \frac{\text{Total Fuel Consumption - (Total Time x No-load Fuel Rate)}}{\text{Dry weight of chips}}$$

Figure 3 illustrates the relationships between the three energy levels. The additive nature of errors applied to the subtraction process used in calculating

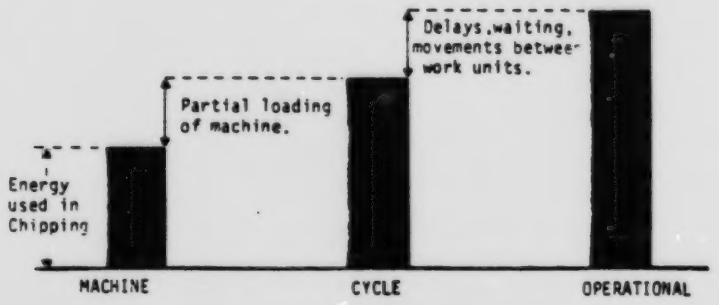


FIGURE 3

DIRECT ENERGY LEVELS

The difference between energy levels represents an energy loss which can be assigned to the higher level.For example the losses associated with the Operational level are due to delays and waiting times.

the Cycle and Machine energy levels obviously introduces errors into the results. However, no other approach was feasible within the restriction imposed by field testing conditions.

5. RESULTS

During five separate days of testing between July 23 and August 13, 1980 a total of 6.0 oven dry tonnes (ODt) of elm slash was chipped and loaded into vans. A total of 671 minutes of machine operating time was needed and 109.9 kg of gasoline was consumed (147 l @ SG = .75) A total of 2.43 ODt of dry slash, moisture content (MC) 39% dry basis, which had been cut and piled in the fall of 1979 was processed. A total of 3.57 ODt of green slash, MC = 54%, piled from 2-7 days before chipping was processed. The average no-load fuel consumption rate was .154 kg/min at a governed engine rpm of 2800 rpm (chipping cylinder-head speed of 2000 rpm). Table 1 summarizes the activity and fuel consumption pattern recorded for both dry and green slash.

TABLE 1

KNIFE HOG
Activity and Fuel Consumption Distributions

2.43 ODt of dry slash processed (54% MC)
3.57 ODt of green slash processed (39% MC)

ACTIVITY	DRY SLASH		GREEN SLASH	
	TIME (min)	FUEL (kg)	TIME (min)	FUEL (kg)
Processing	212	35.6	144	24.2
Waiting	184	29.6	141	20.4
TOTALS	396	65.2	275	44.6

Dry & Green Total Fuel = 109.9 kg

Based on the no-load fuel consumption rate and activity distribution in Table 1, thermal conversion inefficiencies and waiting time accounted for 103.2 kg of the 109.9 kg of fuel used. Therefore, while 54% of the fuel was used during processing times, 94% of the fuel was consumed in transmission, energy conversion and waiting time losses. Only 6.7 kg of fuel was used to process the 6.00 ODt of material.

Examination of the size distributions of green and dry material indicates a greater concentration of fines in the green material, a reversal of the expected

results. However, the green material contained green leaves which were produced primarily as fines. As well, the smaller fractions of the dry material tended to blow out of the truck during chipping. On two occasions the engine overheated as fines blown back from the chute plugged the radiator. The size distribution of the chipper product is shown in Figure 4.

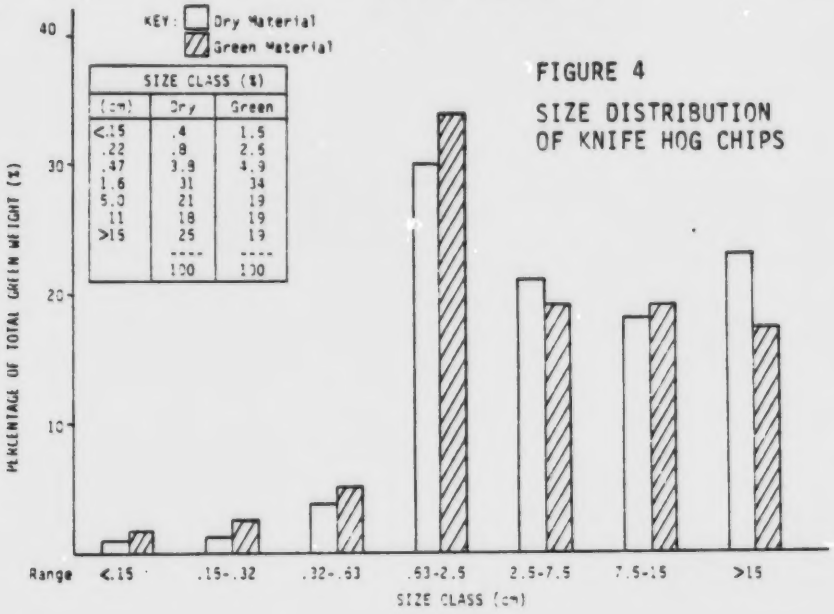


FIGURE 4

SIZE DISTRIBUTION OF KNIFE HOG CHIPS

The distribution of Machine, Cycle and Operation energy levels are shown in Table 2.

TABLE 2

Knife Hog Energy Requirements

(MJ/ODt)*

LEVEL	DRY (MJ/ODt)	GREEN (MJ/ODt)
Machine	31	23
Cycle	656	303
Operational	1202	536

* Conversion from kg of Gasoline made assuming:
Specific Gravity gasoline = .75
1 Litre gasoline = 33.6 MJ

Table 3 shows the relative proportions of energy losses between each energy requirement and the cause of the loss. Included in this table are the energy requirements calculated by Gasslander et al (2) and measured by Blakeney (3) for large, grapple-equipped chippers processing logging residues.

TABLE 3

Energy Loss Distribution

INTERVAL	LOSS (MJ/ODt)				CAUSE
	KNIFE HOG		DISC CHIPPER*		
	Dry	Green	(1)	(2)	
- Machine	31 (3)**	23 (3)	62 (16)	N.A.	Effective work accomplished by chipping action
Machine - Cycle	625 (53)	279 (52)	216 (55)	N.A.	Fixed fuel consumption while processing
Cycle - Operational	546 (44)	234 (43)	112 (29)	N.A.	Fuel consumed during waiting times.
TOTAL	1202	536	390	770	

(1) Source Gasslander et al (2): calculated energy requirements for a Bruks 1200 c grapple assisted chipper processing slash 42% M.C. at roadside.

(2) Source. Blakeney (3) measured energy requirements while chipping logging residue at roadside using a Nicholson Complete Tree Utilizer.

** Numbers in brackets express the energy loss as a % of total fuel consumed during operation.

Table 4 contrasts the productivity of the knife hog with that of other chipping operations when processing slash or comparable material at roadside.

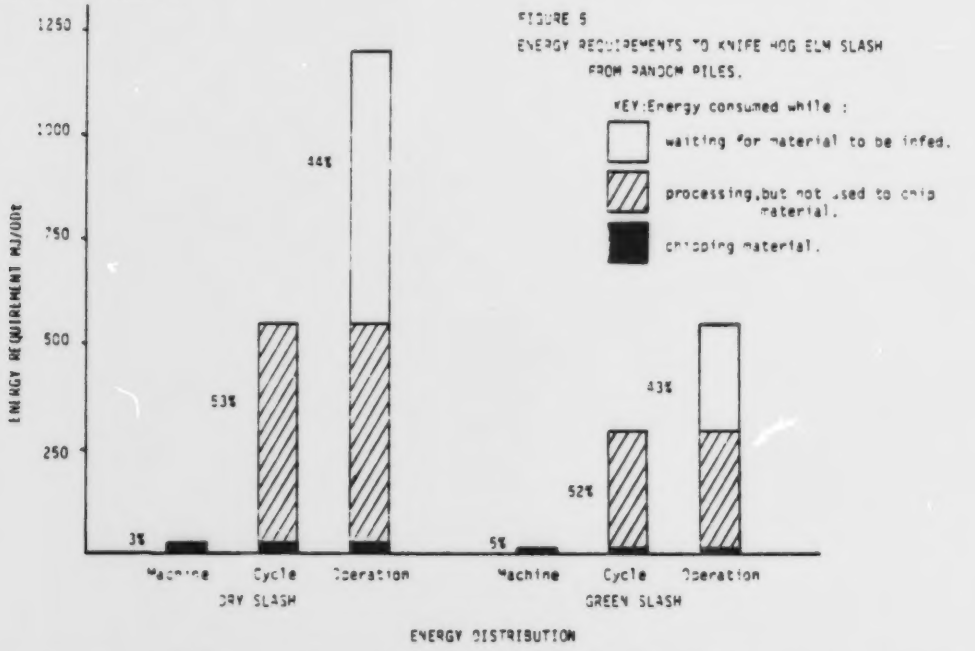
TABLE 4

Productivity of Residue Chipping at Roadside

Literature Reference N°	Machine Description and Harvesting Situation	Productivity ODt/effective working hour
	Knife hog (OLathe 816)	
	- dry slash random piles	.37
	- green slash random piles	.79
	- 139 Kw engine	
(5)	Knife hog (manf. unknown)	
	- green saplings, hand piled	.87
	- 24 Kw engine	
(4)	Disc chipper (ABC 1000 M)	
	- green saplings, skidder piled	
	- hand fed	1.84
	- grapple assisted	2.22
	- 56 Kw engine	
(3)	Vee Drum chipper (Nickolson CTU)	
	- logging residues, random piles	2.12
	- 450 Kw engine	
(3)	Drum chipper (Bartlett)	1.27
	- logging residues, random piles	
	- 450 Kw engine	
(6)	Disc chipper (Morbark 22)	8.30
	- large hardwood tops	
	- 0.6 green tonnes/top	
	- skidded to roadside	
	- 450 Kw engine	

6. DISCUSSION

The direct energy requirements of processing dry and green slash shown in Table 2 are illustrated in Figure 5. While the magnitudes are much higher at all levels of examination for chipping dried slash, the proportions utilized between each level are similar. (See Table 3.) Despite the fact that roughly twice as much fuel is used to process dry material, the energy losses between levels agree within a few percentage points. Most significant is that in all cases, including energy distribution calculated by Gasslander et al (2), more than 50% of the direct energy consumption occurs between the Machine and Cycle energy levels. This indicates a general inability to supply the processing element at a rate equal to its technical capacity. Further, if the Machine energy level is expressed as a percentage of the Cycle energy level (Table 2), then less than ten percent of the fuel consumed while actually chipping the elm slash is used to comminute residues. The rest is simply consumed as transmission and energy conversion losses.



The difference in energy required to process slash piles, whose moisture content differed only by 15% (green-54% MC, and dry-39% MC,) was due as much to differences in their materials-handling characteristics as to the difference in actual moisture content. The dried material had lost most of its flexibility and no foliage was in place. The green material, particularly the smaller branches and twigs, had not lost its flexibility.

The dry material was extremely difficult to pull from the piles due to its greater rigidity and it was difficult to feed into the knife hog. In particular, forked branches would hang up on the infeed shoot and small dried branches would bridge across the infeed opening. In contrast, the flexible green material seldom kicked back or required re-setting in the mouth of the chipper. Once it first contacted the blades it was almost invariably pulled rapidly through the machine.

Because it lacked a powered infeed roll, too much time was spent by the operators in placing branches in the machine. Moreover, because of the unrestricted infeed system, operators had to be careful to avoid being whipped as they inserted branches. A simple infeed roll on this type of machine would enhance its performance significantly. Unlike most powered infeed rollers, it would be best if it only assisted and did not restrict infeed rates, free wheeling if the feed rate capability of the chipping process were to exceed its driven feed rate. This would result in broad particle size distributions as in Figure 4, but would not limit the unit's productivity as operators waited to set branches in the mouth of the chipper.

The productivity of the machine during the test was limited only by waiting times associated with pulling slash from piles and carrying it 3 to 8 metres to the machine. However, by traditional pulpwood harvesting standards its productivity of .37 and .79 ODt per operative hour are extremely low. The productivity of a large grapple-equipped chipper, processing skidder-piled whole trees in a pulpwood operation, was measured as 14 ODt/operative machine hour, (Folkema (7)). This was a cold-logging operation, processing hardwood species for pulp.

An operative machine hour is defined as the time the chipper is running at full governed engine rpm, either processing or waiting to process material. This definition applies only when the waiting time is caused by the inability of the infeed system (grapple or manual) to deliver material to the processor, but not when it is caused by the absence of material immediately at hand. Comparing productivities on this basis eliminates the effects of external influences such as mechanical delays and periods spent awaiting trucks.

In other experiments where harvesting residues were chipped, the productivities, though higher than those measured in this test, also fell far short of traditional productivity levels. Table 4 illustrates this fact. The productivity quoted for each example has been calculated using data supplied in each reference based on as near to the same definition of operative machine time as possible.

The effects of using chipping equipment in conjunction with randomly piled material is demonstrated by comparing the productivity achieved in this test .37 to .79 ODt/hour, and that realized 30 years ago, .89 ODt/hour, using a 25 Kw machine fed from neat piles of straight saplings, Arend, Smith and Ralston (5). Similar results are noted when large pulp chippers are used to chip random piles. The Nicholson CTU produced only 2.12 ODt/operative hour from windrowed piles of residues, Blakeney (3), while a very similar machine, the Morbark 22 managed 8.3 ODt/hour from skidder piled material, though of generally large sized elements and as part of a "hot" logging system, Mattson, Arola and Hillstrom (6).

A demonstration of the problems inherent to "cold" logging appears in Folkema's (6) measurements, which placed the productivity of "hot" and "cold" whole tree chipping at 20.6 and 14.7 ODt/operative machine hour respectively. The lower productivity of the "cold" system was attributed to a higher "tangle" factor due to inter-locking of branches in whole tree stock piles, to an indirect effect of the frequent moves necessary to operate from stock piles, and to some degree a greater proportion of "hard" hardwoods. In both cases the trees processed in this system were skidder-piled in relatively neat piles. In an operation where a random piled method is used in windrowing material at roadside, the productivity can be expected to decrease even more markedly than these figures indicate.

Comparisons among tests, such as those made in Table 4, are difficult to make due to the individual characteristics of each application. However, it appears that with traditional chippers, there is generally little likelihood that they will be adequate as harvesting residue processors without major design changes being made to infeed systems. Comparing the productivity of small, manually fed knife hogs and chippers with that of large and expensive pulp chippers applied as residue processors, emphasizes the inadequacies of current chipper infeeds. (See Table 4.)

7. CONCLUSIONS

The data gathered during the test constitute a representative sample of the energy distribution to be expected when using a manually fed knife hog to comminute and load slash and branches accumulated at roadside in random piles or windrows. The effective use of less than 5% of the fuel consumed during the operation emphasizes the necessity of finding an alternative use for the energy lost as exhaust in the energy conversion process. The most effective use would be to design a system which uses exhaust and radiator heat to dry the processed fuel in the waiting trucks as it is loaded.

The productivity of this test, though very low by traditional standards (.4 to .8 ODt), is representative of what can be expected feeding this type of device from random slash piles. Due to the difficulty in manually handling and feeding dried as opposed to green slash, the green slash is preferred. It would be better to dry the material after comminution. Evaluating to what degree transportation systems would be affected by the higher bulk densities of green material is beyond the scope of this report.

The low productivity achieved while processing various forms of randomly piled logging residues recovered following conventional harvesting is not likely to be improved by major redesigns of conventional chipping equipment. The limiting factor is the act of transferring material from roadside to the processing unit. In small-scale operations, such as those tested here, human strength is the limiting factor. For large-scale operations where whole trees are randomly piled, it is the inability of a grapple to deliver quantities in a single load large enough to tax the processor's technical capacity. This is not to suggest that a random infeed system into a large chipper is neither feasible nor desirable. Rather, the problems associated with disentanglement and small grapple loads (which limit the concept of using random loose piles of residues in conjunction with conventional chippers and knife hogs) severely restrict the potential of a random infeed system.

REFERENCES

APPENDIX D

(1) Ash, M.J., Knoblack, P.C., Peters, N. 1980. Energy analysis of energy from the forest options. ENFOR Project No. P-59. DSS Contract No. 05SS-KL011-9-0103 Canadian Forestry Service. Ottawa, Ontario.

(2) Gasslander, J.E., Mattsson, J.E., Sundberg U. 1979. A pilot study on the energy requirements in forest logging. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden, Report No. 127.

(3) Blakeney, K.J. 1980. Development and testing of a field treatment system for logging residues. ENFOR Project No. P-36 DSS Contract No. 07SB-K.L017-9-1430 Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre, Victoria, Canada.

(4) Danielson, P.G. 1976. Chips produced from whole tree and roughly limbed conifers on landing. Part of the Norwegian Whole Tree Utilization Project.

(5) Arend, J.L., Smith, R.N., Ralston, R.A. 1954. Tests of a portable wood chipper. Lake States Forest Experiment Station USDA, Forest Service, St. Paul, Minnesota. Station Paper No. 30.

(6) Mattson, J.A., Arola, R.A., Hillstrom, W.A. Recovery and chipping hardwood cull trees having heavy limbs. USDA Forest Service, North Central Experiment Station, Houghton, Michigan.

(7) Folkema, M.P. 1970. Whole tree chipping with the Morbark Model 22 Chiparvester. Forest Engineering Research Institute of Canada, Pointe Claire, P.Q., Canada. Technical Note No. TN-16. November 1977.

FOREST ENGINEERING RESEARCH
INSTITUTE OF CANADA
Pointe Claire, P.Q.

Part of
ENFOR PROJECT No. P-28
EXTENDED BIOMASS
HARVESTING

THE ENERGY REQUIREMENTS TO ROLL SPLIT WOOD

Keith C. Jones

K.C. Jones & Associates Ltd.
Ottawa, Ontario
March 1981

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Dr. Allan Marra and the Faculty of Wood Science and Technology Department of the University of Massachussetts, Amherst, Massachussetts. The TVA Fiberizer is located there and Dr. Marra's assistance along with that of Denis Morin of the Forestry Department of the University of Massachussetts was instrumental in the successful completion of these tests.

ABSTRACT

The preparation of fuel stocks from harvesting residues has traditionally been accomplished by chippers or hammermills, both of which are succeptable to damage by tramp metal or stones. The roll splitting mechanism, described in this report, is one possible alternative to these machines, which may be more resistant to this type of damage.

Laboratory tests were conducted on four tree species to determine the energy requirements of comminuting roundwood into a loose mat of slivers using a double roll crusher with axelike splitting wedges welded to its surface. Water is squeezed from the wood coincident with this comminution action. The energy requirements of this dewatering function are compared to thermal drying energy requirements.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
1.	INTRODUCTION	E1
2.	OBJECTIVE	E3
3.	MACHINE DESCRIPTION	E3
4.	TEST PROCEDURE	E4
5.	RESULTS	E7
6.	DISCUSSION	E16
7.	CONCLUSIONS	E22
	REFERENCES	E23

FIGURES

NO.		PAGE
1	TVA Processing Concept	E1
2	Roll Gap Adjustment	E2
3	Product of TVA and Roll Splitter	E2
4	Roll Splitter: Tooth Pattern	E3
5	Instrumentation Set-Up	E6
6	Machine Comminution Energy :vs: Dry Weight of Bolt	E10
7	Cycle Comminution Energy :vs: Dry Weight of Bolt	E11
8	Machine Dewatering Energy :vs: Dry Weight of Bolt	E12
9	Cycle Dewatering Energy :vs: Dry Weight of Bolt	E13
10	Machine Dewatering Energy :vs: Initial Moisture Content	E15
11	Moisture Content Change :vs: Initial Moisture Content	E15
12	Roll Splitter Dimensions to Process 30 cm Diameter Bolts	E21

TABLES

NO.		PAGE
1	Description of Test Samples	E5
2	Summary of Test Results	E8
3	Comparison of Roll Splitting and TVA Comminution Energy Requirements	E14
4	Moisture Content Change Through Roll Splitting	E16

1. INTRODUCTION

One of the principal impediments to the utilization of harvesting residues as fuel is the absence of a comminution device rugged enough to resist damage by tramp steel and stones. Whether recovered from the forest floor in a second pass situation or taken as part of an integrated lumber, fibre and energy harvest, these residues contain a high enough fraction of tramp steel or stones to regularly damage chipper knives or hammermill screens. However, recognizing that for energy conversion purposes the traditional pulp and saw timber objective of preserving fibre integrity (which makes the chipper so popular) does not apply, allows one to consider equipment until now not widely acceptable as a processor of woody material in other than a waste disposal role. Hammermills or "hogs" are the traditional devices used to prepare mill waste for use as fuel, but their application is as much directed at waste disposal as it is fuel preparation. Combining these facts with the objective of reducing the energy requirements to produce fuel has prompted the Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC) to examine alternative means of comminuting woody material as part of their Extended Biomass Harvesting Agreement with the ENFOR Program.

A test of the Tennessee Valley Authority Fiberizer (TVA) concept indicated that not only was it possible to comminute harvesting residues using a roll crusher, but that free water could be removed simultaneously at a significantly lower energy cost than by thermal drying operations.

The TVA was a prototype machine, developed by the Tennessee Valley Authority, with the objective of cleaving rough lumber into long slivers for use in the fibre board industry, Harvey (6). In concept, it resembled the type of double roll crusher used to process coal or coke. Since it was originally intended as a wood processor, it does have some unique features, as illustrated in Figure 1. The tooth pattern on the 25 cm diameter top roll consists of opposing buttress threads which are intended to cleave and tear wood parallel to the grain as the

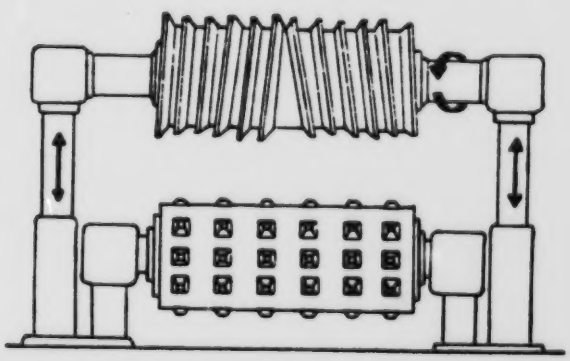


FIGURE 1

THE T.V.A. FIBERIZER

The T.V.A. Fiberizer uses opposing buttress threads to split, cleave and tear wood apart while applying a crushing force of roughly 42,000 Kg.

top roll slips on the upper surface. The bottom roll, also 25 cm in diameter, has a cross hatch pattern of teeth which provides the tractive force necessary to draw the wood between the rolls. These teeth also limit the infeed speed to their fixed peripheral speed of 7 metres/min. The top roll speed can be varied from 7 to 30 metres/min to produce the necessary slip to tear the wood parallel to the grain. The gap between the rolls can be adjusted from 1 cm to 20 cm by

hydraulic cylinders which are also used to apply a crushing force of up to 42,000 kg.

The gap between the rolls is adjusted by rotating the top roll about a pivot point, using a 1.6 m long lever arm (Figure 2). Its movement is controlled by a flow splitter which prevents one cylinder from travelling further than the other when a bolt is fed in off-centre. A sprocket and chain, gear reducer, variable speed Reeves belt drive and induction motor drive the top roll. This entire assembly is mounted on the frame which is levered by the hydraulics.

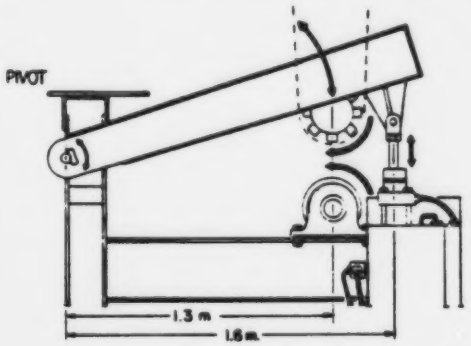


FIGURE 2
GAP ADJUSTMENT

The gap between the rolls is adjusted by rotating the top roll about a pivot point.

The first tests showed that when 9-18 cm diameter logs are processed, the threaded top roll accomplished very little cleaving by means of the buttress threads. (If flat boards were processed, these threads would presumably have the intended effect.) Instead, the comminution is accomplished by the crushing force applied by the hydraulics; that is, a log is split into a mass of slivers (Figure 3). As well, since the rolls were virtually smooth in comparison to the size of the element being processed, the slippage of the material was excessive and the teeth of the lower roll ineffective.

FIGURE 3

THE PRODUCT OF A T.V.A. FIBERIZER OR ROLL SPLITTER is a loose cohesive mass of slivers roughly 3 cm in cross section.

In the first tests, the electric energy required to crush logs into 1.7 m long slivers roughly 3 cm by 3 cm in cross section, was greater than that needed to produce 2.5 cm long pulp chips and less than that needed to produce 2.5 cm minus hammermilled material. Since this was a concept test and the tooth pattern considered only marginally adequate, these results were considered very encouraging.

2. OBJECTIVE

The first test indicated that by modifying the tooth pattern to a series of axe-like teeth to prevent slippage and accentuate splitting rather than crushing, the energy requirements of the machine process could be greatly improved. Consequently, a second test was arranged in which a modified top roll with axe-like teeth was installed and tests parallel to those made of the TVA fiberizer were conducted. The remainder of this report presents and discusses the results of this second test to investigate the energy requirements of simultaneously comminuting and dewatering roundwood.

3. MACHINE DESCRIPTION

The modified TVA fiberizer, from this point on called a Roll splitter, is illustrated in Figure 4.

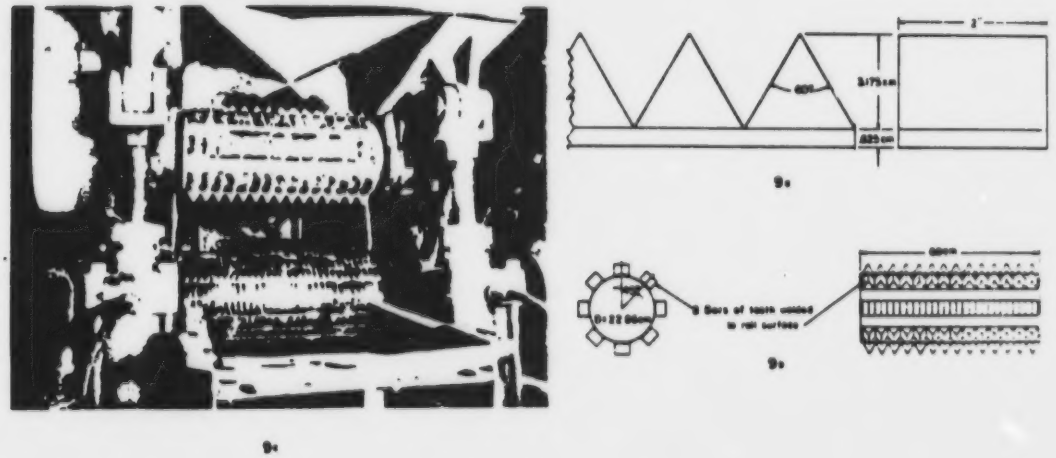


FIGURE 9
TOOTH PATTERN

Eight bars of axe like teeth were welded to the roll core. The teeth were flame cut from 5 cm steel plate. The axe points, 3.175 cm long with 60° angle included, were aligned circumferentially about the roll.

The bottom roll of the Roll splitter was left as it was in the TVA configuration, its sole purpose being to grip the material as it feeds into the rolls. A modified top roll was exchanged for the TVA's thread one.

Its tooth pattern was changed to a series of axe-like teeth. The new teeth were aligned axially in parallel rows about the circumference of the roll surface. Eight bars of 15 teeth were flame cut from two-inch steel plate in the pattern shown in Figure 4a. These bars of teeth were then welded onto the surface of a spare, smooth roll, 23 cm in diameter, producing the tooth pattern shown in Figure 4b. The axe head sections were aligned point to point circumferentially. Staggering the teeth so that points and valleys alternately aligned was considered as a means of ensuring that slip would be eliminated. However the pattern in Figure 4 was chosen to accentuate splitting since it was expected that traction would be sufficient in either case.

The choice of a 60° included angle for the axe head was based on a variety of observations, manufacturing constraints and space limitations of the prototype. The principle objective was to use as long a tooth as possible without producing flats between the teeth in each row. This would minimize the amount of material jammed between teeth. In practice, material often jammed between the rows, but this problem was considered unavoidable due to the small ridge of material backing the bars of teeth. In subsequent work, a properly manufactured roll would eliminate this ridge, though for the prototype the costs justified the sacrifice in performance.

The core of the new splitting roll was generously supplied by Dr. Allan Marra of the Wood Science and Technology Department, of the University of Massachussetts, Amherst, Mass., where the TVA Fiberizer is located. With Dr. Marra's permission, this roll was modified to the form shown in Figure 4. His assistance in this test and the one previous is gratefully acknowledged, as is the field work and effort made by Denis Morin of the Forestry Department of the University of Massachussetts. Their assistance was instrumental for the success achieved in these tests.

A further modification made during the test was to remove 3 idler feed rolls located immediately before the splitting rolls. From the first test it was apparent they hindered infeeding when crooked or knotted pieces were processed. The rolls often forced crooked sections down onto the idlers causing the material to hang up and the rolls to slip. Removing them during this test eliminated the problem though it made it slightly more difficult and dangerous to feed the machine by hand.

4. TEST PROCEDURE

Samples of 4 species local to the test facility, eastern hemlock (Tsuga canadensis), aspen (Populus tremuloides), red oak (Quercus rubra) and red maple (Accer rubrum), were gathered one week before the test commenced. The samples, 2 metres long and from 9 to 18 cm in diameter, were cut from live standing trees. Knots and forks were trimmed off so that each was relatively straight. The bolts were numbered and moisture content (dry basis) and specific gravity (green volume-dry weight) samples taken immediately before each was processed. To minimize the effects of end drying, 15 cm was removed from the end of each bolt before the samples were taken. The final length of the bolts was trimmed to $1.7 \pm .05$ metres before processing. Table 1 describes the material processed.

TABLE I

ROLL SPLITTING

Description of Test Samples
(1.7 m long bolts)

	Hemlock	Aspen	Red Oak	Red Maple
Diameter (cm)				
Mean	11	13	13	12.0
St. Dv.	2.3	2.4	3.1	2.0
Min.	8	8	9	9
Max.	18	18	18	16
Moisture Content (%)				
Mean	134	100	81	70
St. Dv.	22	21	15	8
Min.	96	66	57	58
Max.	177	138	104	89
Dry Weight (kg)				
Mean	7.7	10.7	14.7	10.9
St. Dv.	3.0	9.0	4.7	4.0
Min.	4.2	5.2	6.9	5.7
Max.	16.6	21.8	24.1	23.4
Specific Gravity*				
Mean	.43	.45	.57	.53
St. Dv.	.09	.03	.05	.04
Min.	.23	.39	.45	.46
Max.	.59	.53	.65	.64
No. of Samples	40	36	36	33

* (Green Vol. - Dry Weight)

Since the samples were stored outside and the average midday outdoor temperature during the test period was -10°C, the logs were heated for two days in the laboratory to bring their temperature to 15°C.

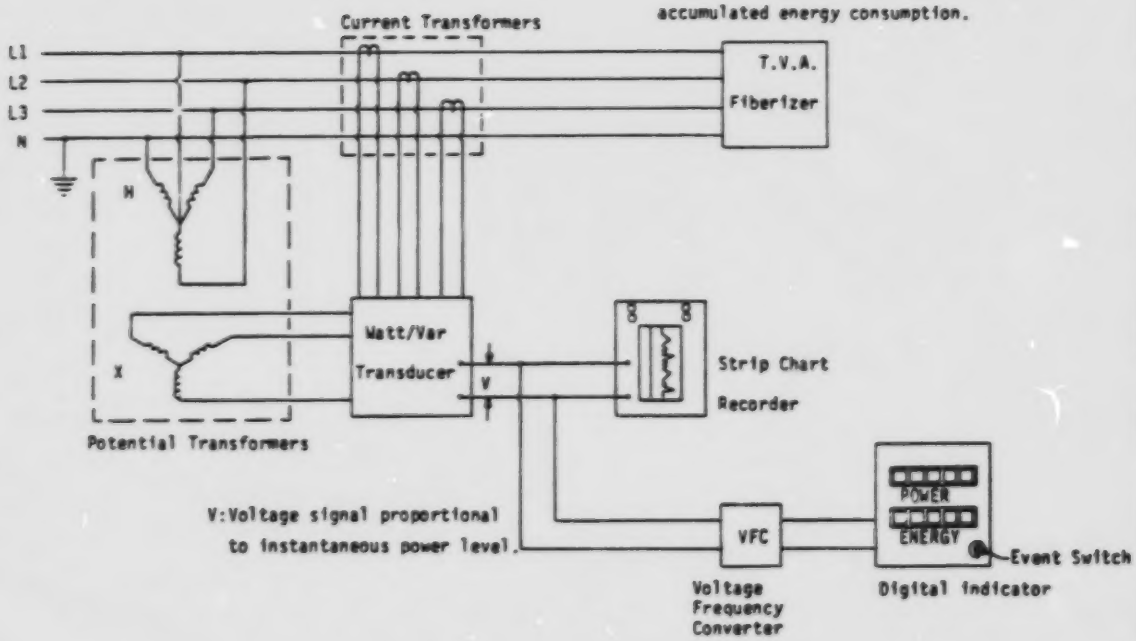
Immediately before processing, each bolt was weighed and the end diameters recorded. The small end of the bolt was then placed onto a rest immediately before the splitting rolls. With the top and bottom rolls running at 9 rpm (7 m/min surface speed), the roll gap was adjusted to grip the piece when it was pushed between the logs. Once gripped by the rolls, the operator could devote attention to controlling the hydraulics to crush the material, while at the same time not allowing the machine to stall by the application of excessive pressure.

The instant the bolt was pushed between the rolls an instrumentation system was activated by an event switch to record processing time, power levels, and total energy consumption. When the material exited the rolls, the same event switch marked a strip chart recording of power levels, a freeze digital stop watch showed processing time, and a digital totalizer displayed total energy consumption at halt. Figure 5 is a schematic of the instrumentation set-up.

FIGURE 5

INSTRUMENTATION SET-UP

The power level was recorded on a strip chart recorder, and a dual channel digital indicator displayed instantaneous power levels and accumulated energy consumption.



A screen (1.2 mm x 1.2 mm holes) suspended below the rolls caught material which was split or torn off the logs and allowed the water squeezed from the wood to drain into a drip pan. Since considerable quantities of water were forced from the end grain of the bolt, one operator held a container below the free end of the bolt, collecting what would normally have fallen on the floor of the lab.

The gap between the rolls could be adjusted from .5 cm to 12 cm between the axe-points and lower roll. The material was passed through the machine as many times as it took for this gap to be maintained at less than 1 cm through the entire passage of the bolt. In all but exceptional cases this was not more than twice.

After processing, the water collected from the end of the bolt was added to the drip pan contents and the total weight of water removed was calculated.

5. RESULTS

The energy requirements of roll splitting are described in terms of Machine and Cycle energy requirements as first proposed by Gasslander, Mattson and Sundberg [8].

Machine energy refers to the energy consumed by the working tools. It is equal to the total measured energy consumption less the no-load energy consumption rate times the processing time. It is expressed in terms of Megajoules per Oven Dry tonne (MJ/ODt) of material processed:

$$E_M = (E_{TOTAL} - E_{NO\ LOAD} \times t)/Wd \qquad (1)$$

E_M	=	Machine energy
E_{TOTAL}	=	Total measured energy consumption
$E_{NO-LOAD}$	=	Energy consumption rate at no-load
t	=	Total time to process
Wd	=	Dry weight processed

The Machine energy level is the most reasonable one at which to make comparisons between different processes. Beyond this level, material handling aspects and no-load energy consumption rates particular to prime mover types and individual machine designs come into play. In most cases these elements account for a higher percentage of energy consumption than do the working tools themselves.

Cycle energy refers to the total measured energy consumed during processing and includes the no-load energy consumption of the machine. It too is expressed in terms of MJ/ODt.

The energy consumed as a function of the roll splitter's dewatering ability is also expressed at the Machine and Cycle energy levels; but more properly in relation to the weight of liquid removed, MJ/kg of water. Table 2 presents the results of the tests to determine comminution and dewatering energy requirements.

The energy requirements were calculated by assuming that, for a given comminution process, the energy needed to achieve a change of state (size) is

TABLE 2

ROLL SPLITTING

Summary of Test Results

	Hemlock	Aspen	Red Oak	Red Maple
Comminution Machine Energy (MJ/ODt)				
Mean	28	23	25	32
St. Dv.	7	6	8	8
Min.	16	10	11	20
Max.	44	42	55	50
Comminution Cycle Energy (MJ/ODt)				
Mean	41	33	37	46
St. Dv.	10	9	12	10
Min.	29	15	15	29
Max.	63	57	74	68
Dewatering Machine Energy (MJ/kg H_2O)				
Mean	.200	.50		1.5
St. Dv.	.100	.40		1.3
Min.	.100	.11		.3
Max.	.650	2.10		5.9
Dewatering Cycle Energy (MJ/kg H_2O)				
Mean	.29	.71		2.20
St. Dv.	.14	.54		1.90
Min.	.14	.24		.47
Max.	.97	2.60		8.60
Moisture Content Change (%)*				
Mean	15.9	6.3		3.6
St. Dv.	5.6	3.6		2.1
Min.	24	1		1
Max.	5	19		9

* Initial MC - (weight H_20 Removed/dry weight of bolt x 100) = MC Change %

independent of the path of comminution. That is, the energy consumption of all passes through the machine were totalled to determine the energy requirement to process that weight of material to a nominal 3 cm sliver, regardless of whether 1, 2, or 3 passes were needed. This assumed path-independent change of state process can obviously be questioned, but within the limits of our experimental conditions it was the most reasonable approach to use.

Regression and scatter plot analysis revealed no dependence of Machine or Cycle comminution energy requirements on the diameter, moisture content or weight of the bolt processed. Figures 6 and 7 illustrate this, using hemlock and red maple.

During the tests the roll splitter was only able to process the smaller diameter pieces (9-12 cm diameter) in a single pass. Consequently, the machine was working at maximum load at most times. Certainly during the first pass of any large bolt, the machine worked at its maximum rate. Therefore, average and peak power levels recorded had little meaning in relation to bolt diameter or weight. This also accounts for the lack of correlation between input size and Cycle comminution energy in Figure 7. If it had not been working at full load nearly all the time, the proportion of energy consumed as a base load would have increased as the dry weight of the bolt decreased, driving up the Cycle comminution energy level.

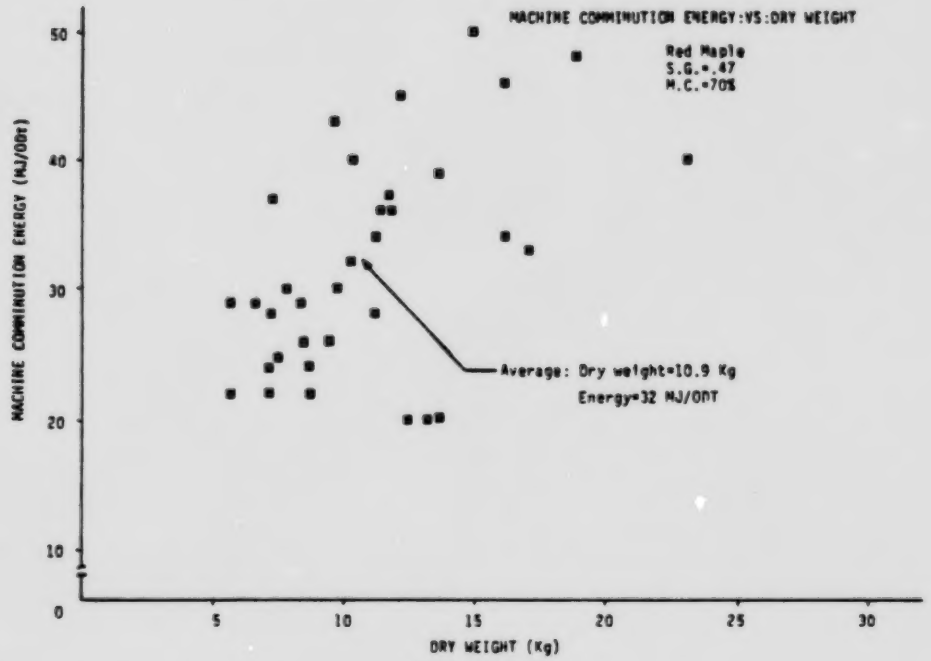
The most significant result of the tests, with regard to comminution, is the decrease in energy requirements at all levels compared to those measured for the TVA. In Table 3 the average Machine and Cycle comminution energy requirements of the TVA and roll splitting processes are compared for hemlock, the only species which was processed in both tests in an unfrozen condition. The lower energy requirements of the roll splitting operation are obvious. The sample populations test significantly differently at the 99% confidence level.

Certainly the rolls used in the two tests were quite different, but the product of each was judged to be very similar. The same personnel conducted both tests, within a two-month time frame, and had the material from both tests at hand for comparison. In their opinion, the size of the slivers produced and the degree of structural integrity destroyed was the same for each species whether processed by the TVA or roll splitting concept.

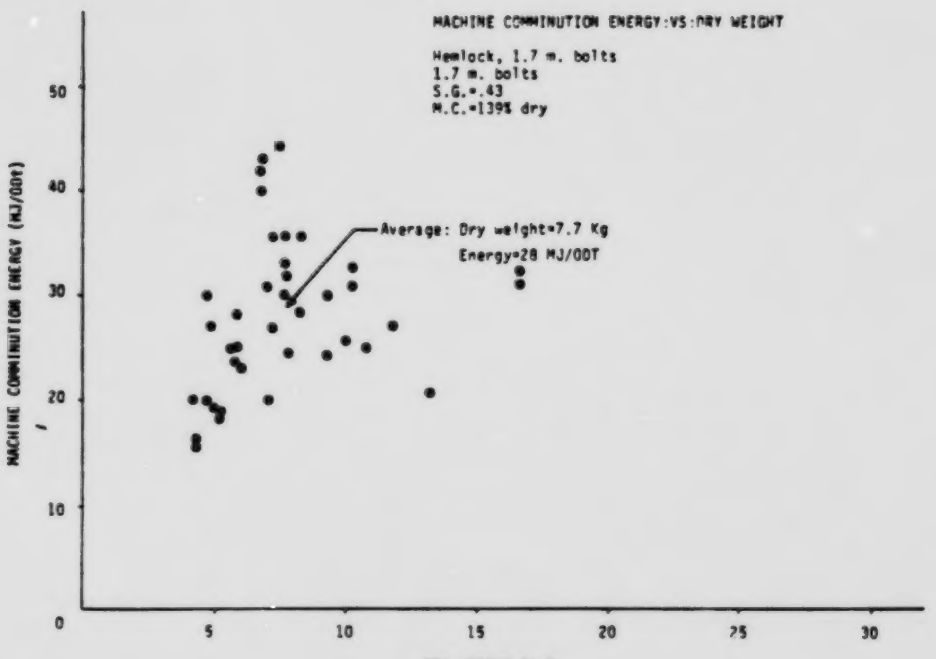
The energy requirements of dewatering through roll splitting show the same independence from input size by diameter and weight as do the energy requirements of comminution. This is shown by the Machine and Cycle dewatering energy requirements of aspen and hemlock in Figures 8 and 9. The Machine and Cycle dewatering energies are, however, dependent on the initial moisture content of the material processed. Unfortunately, the distribution of initial moisture content of any one species was relatively narrow. Therefore, when Machine dewatering energy is plotted as a function of initial moisture content for a single species, data are not sufficient to justify using regression analysis to predict energy requirements over a broad range of

FIGURE 6

MACHINE COMMINUTION ENERGY :VS: DRY WEIGHT OF BOLT



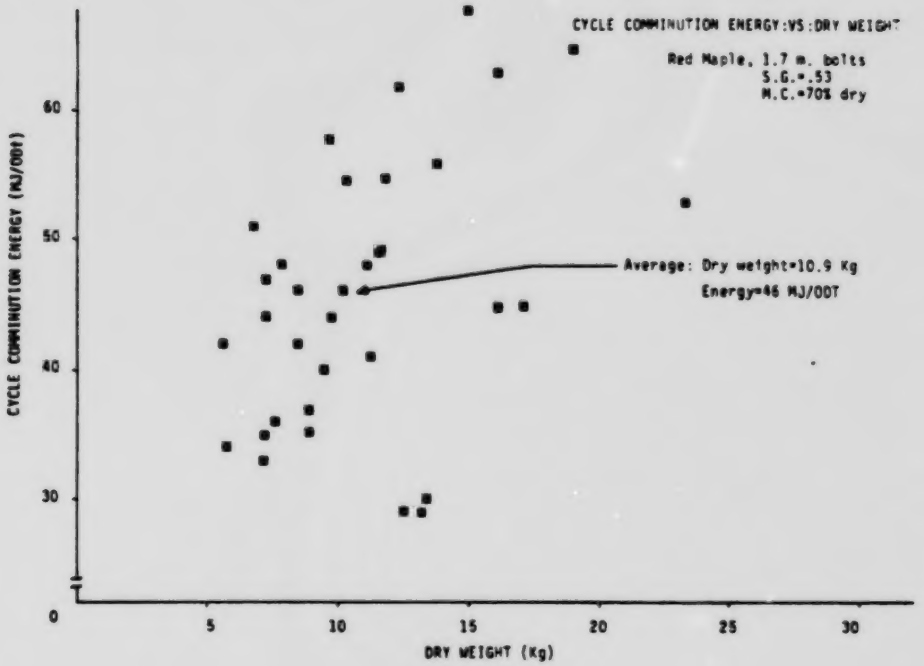
RED MAPLE ■



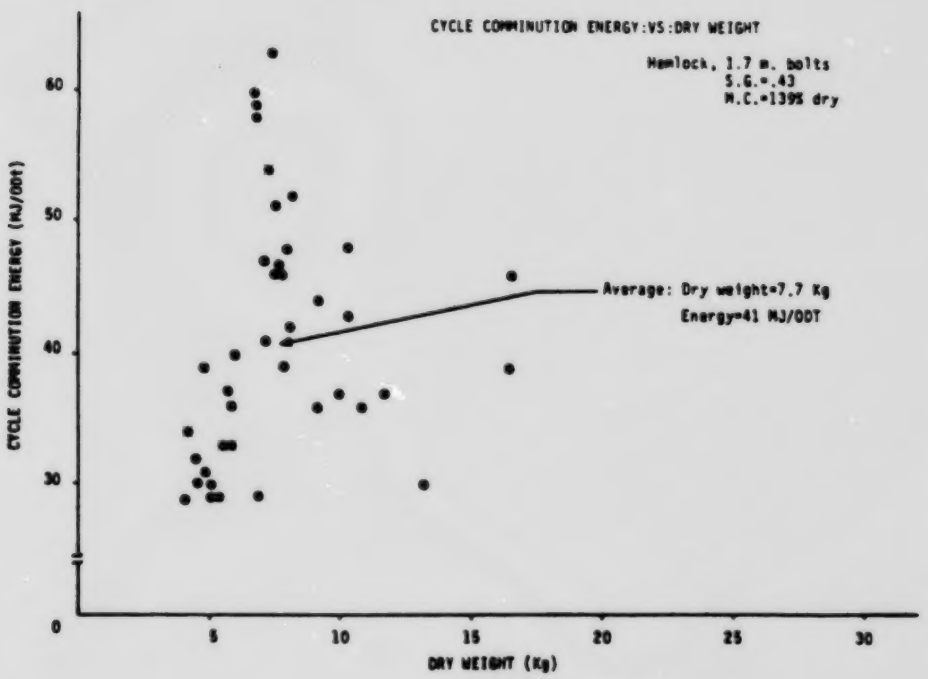
HEMLOCK ●

FIGURE 7

CYCLE COMMINUTION ENERGY :VS: DRY WEIGHT OF BOLT



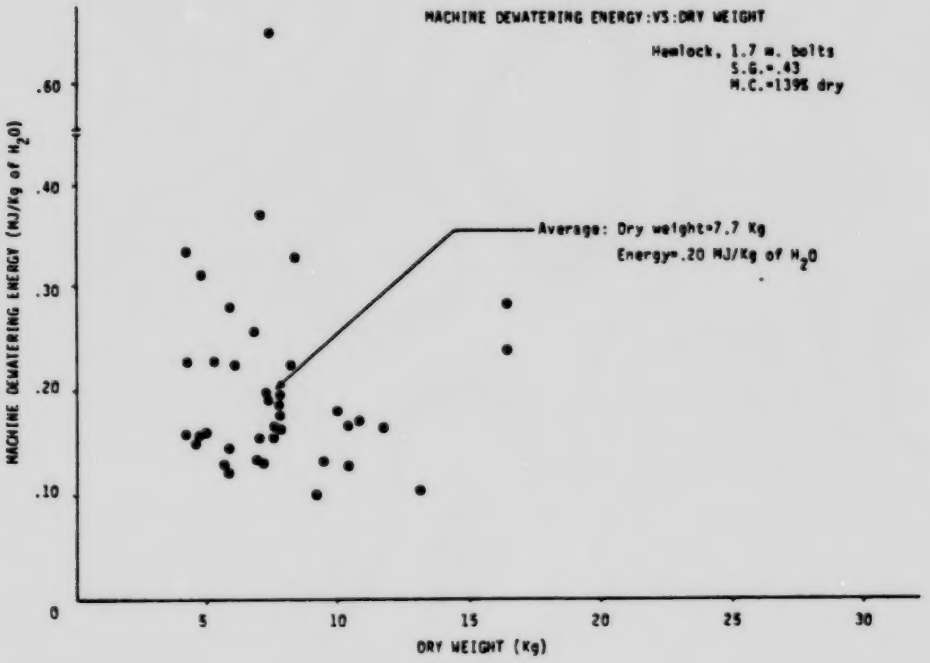
RED MAPLE ■



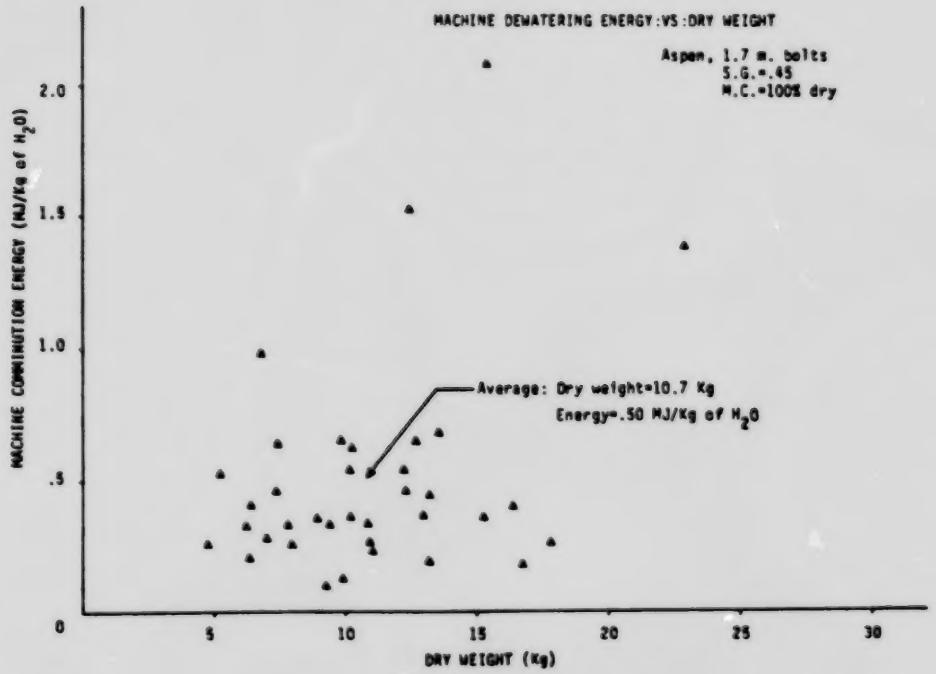
HEMLOCK ●

FIGURE 8

MACHINE DEWATERING ENERGY :VS: DRY WEIGHT OF BOLT



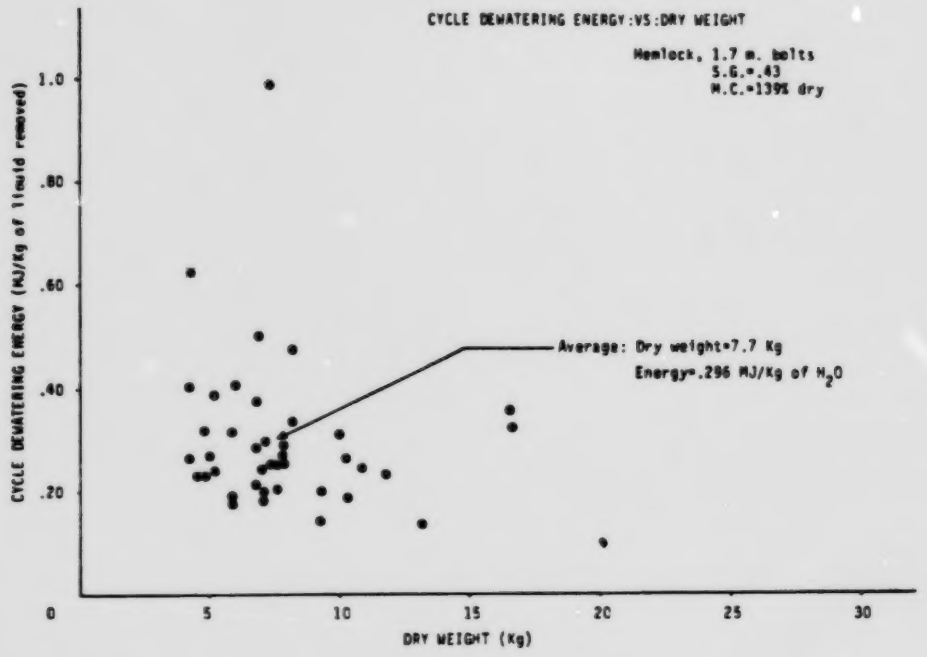
HEMLOCK ●



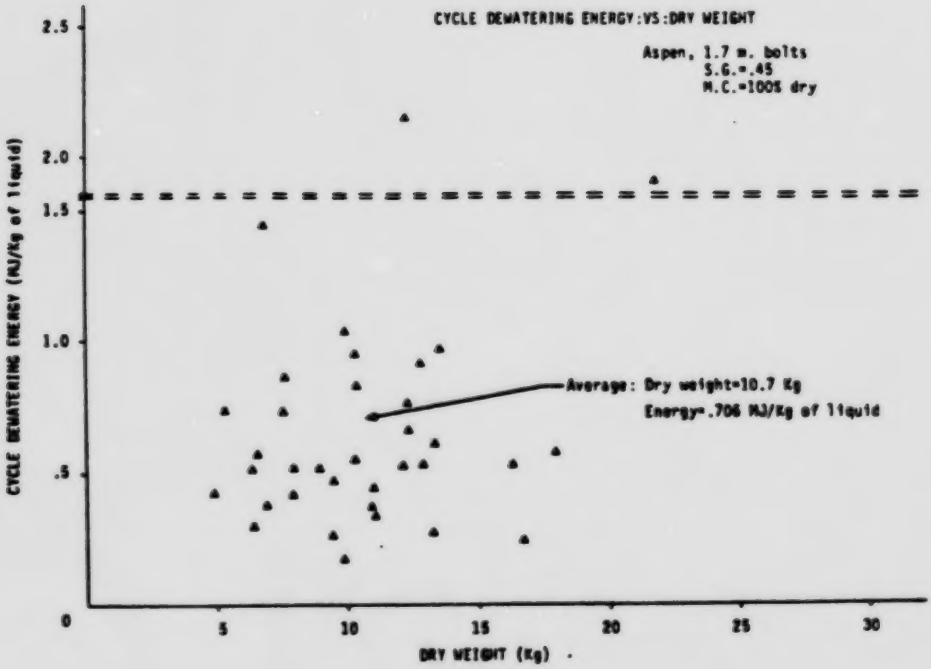
ASPEN ▲

FIGURE 9

CYCLE DEWATERING ENERGY :VS: DRY WEIGHT OF BOLT



HEMLOCK ●



ASPEN ▲

moisture contents. However, combining data from all species which could be dewatered (hemlock, aspen and red maple) produces the scatter plot in Figure 10. Its shape indicates the expected relationship of increasing Machine dewatering energy as initial moisture content decreases. The results of the TVA test were not able to demonstrate this dependence due to the difficulty of maintaining an even and continuous crushing action.

TABLE 3

Comparison of Roll Splitting and
TVA Comminution Energy Requirements

(Hemlock Not Frozen)

	TVA*	ROLL SPLITTING**
Machine Energy (MJ/ODt)	40	28
Cycle Energy (MJ/ODt)	64	41

* 100% MC
** 140% MC

Figure 10 also demonstrates that at some point the Machine dewatering energy requirement becomes greater than that of thermal mechanisms. A well-accepted concept, but these data begin to quantity at what MC the break-even point can be expected to occur. Data from Figure 10 and Table 2 further suggest that this break-even point will vary significantly for different species. Oak with a moisture content of 80% could not be dewatered by roll splitting while red maple at 70% was dewatered for less Machine energy than thermal requirements.

The percentage change in moisture content as a function of initial moisture content is illustrated in Figure 11. The data has been combined from the three species which were dewatered successfully. Due to the differences in pore structures and, therefore, permeability of each species, no attempt has been made to develop equations by regression analysis techniques. However, the expected decrease in moisture content is visible with the combined data, though less strongly evident within the small MC range of individual species.

Table 4 summarizes the data illustrated in Figure 11 and shows the average moisture content changes for each species. Hemlock is the only species for which dewatering energy requirements were measured for the TVA and roll splitting processes and both are contained in Table 4. They indicate a superiority of the TVA as a dewatering mechanism. This is logical since in the TVA test the roll surfaces were able to approach within 1 cm of each other while in this test they could only approach within 3 cm. As well, while the majority of the water was ejected in the first pass through the roll splitter, more water was removed by the TVA process during the second or third pass.

FIGURE 10

MACHINE DEWATERING ENERGY :VS: INITIAL MOISTURE CONTENT

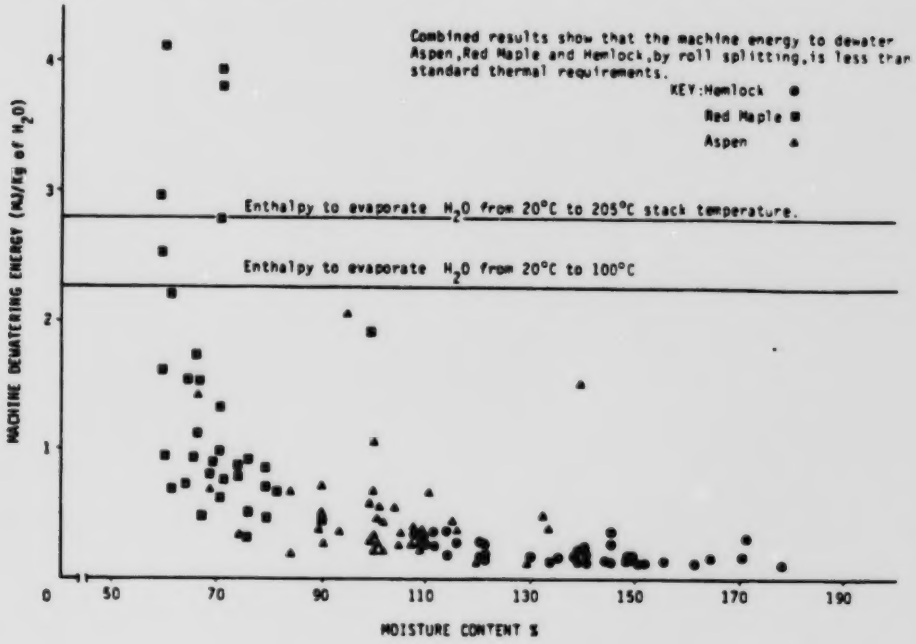


FIGURE 11

MOISTURE CONTENT CHANGE :VS: INITIAL MOISTURE CONTENT

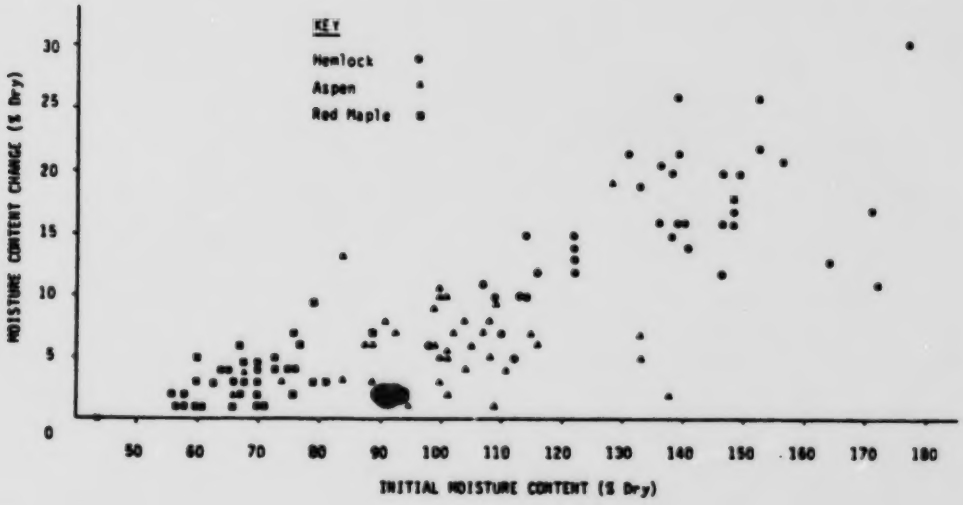


TABLE 4

Moisture Content Change
Through Roll Splitting

	Red Maple	Aspen	Hemlock
Average Initial MC (% dry)	70	100	134 (100)*
Average Change MC (% dry)	3.6	6.3	15.9 (19.7)*

* The figures in brackets were measured for the TVA Fiberizing concept (1).

6. DISCUSSION

The Roll Splitter product is so different from that of any other processor that it is difficult to make comparisons, either by size of product or energy requirements. Nonetheless, pulp chippers at the Machine energy level typically require 16 and 20 MJ/ODt to produce 2.5 cm chips from hemlock or oak, Papworth and Erickson (1). Hogging or hammermilling similar material requires 100 and 240 MJ/ODt respectively, Geundler (2). In this test the roll splitter has produced slivers, roughly 3 cm in cross section and 1.7 m in length, for 23 to 32 MJ/ODt, somewhere between chipping and hogging energy requirements.

In developing the roll splitting concept, productivity and, therefore, the effect of roll speed, is of great interest. It is doubtful whether increasing the infeed speed from 7 to 30 m/min will greatly affect the torque or energy requirements of the process. Thirty m/min is chosen as a reasonable upper limit since the infeed speed of large chippers is in this range. Shearing tests conducted by Arola (3) showed no significant change in forces needed to cross-cut shear roundwood bolts over a speed range of 3 to 18 m/min. At much higher tool speeds, Koch (4) also has reported machining tests that showed similar independence of cutting forces on tool speed, or at least a complex relationship that made it difficult to directly relate tool speed to force requirements. The flywheel effect of a heavy rotor is speed dependent but, as a load smoothing effect, it should not reduce overall energy requirements.

While the roll splitter did have the ability to turn the top roll as fast as 30 m/min, after preliminary tests it was obvious that hand feeding the machine at roll speeds in excess of 9 rpm (7m/min) was too dangerous for the operator. When the rolls gained hold of the bolt, it would often whip so violently to the side or up and down that the operator risked serious injury. A set of powered

infeed rolls would have been required to operate at speeds much in excess of this minimum roll speed. Even at 9 rpm, crooked bolts had to be fed into the rolls with considerable care.

While recorded tests were not run at high speed, observations during pretest trials at 14 and 30 m/min gave no indication that the mechanism's effectiveness in comminuting or dewatering was adversely affected. The overall failure pattern remained unchanged, though more loose particles of wood and bark were produced. This is attributed to an increased cutting action by the ridge formed by the .5 cm thick backing bar joining each row of teeth (Figure 6). By removing this ridge, the increase in the proportion of loose material, if not desirable, could probably be eliminated.

Frozen oak and red maple were processed in earlier tests of the TVA Fiberizer. Despite the frozen materials brittleness, there did not appear to be a change in the proportion or size of loose particles formed when the roll splitter was used to process these species in an unfrozen state.

With other comminution mechanisms, energy requirements increase with specific gravity (SG) but the opposite was measured in this test where oak, SG = .57, required significantly less energy than hemlock, SG = .43. (tested at the 99% confidence interval). Likewise, red maple, SG = .53, requires considerably more energy than the red oak, though the normal relationship asserts itself between red maple and aspen (Table 2). The comminution energy requirements are more a function of grain and pore structure than SG. A possible explanation for this behaviour is that the expected SG dependence may appear only within the two types of hardwood pore structures, diffuse and ring porous. Oak, as a ring porous structure, is more easily split along the prominent discontinuities between annual rings than is the less dense but more uniform diffuse porous red maple. By this reasoning, the expected SG dependence would probably hold more generally for softwoods due to their relatively consistent ring structure, though being affected to some degree by species with grain structures that have a high differential between early and late wood SG.

Other spot tests of the roll splitter suggested aspects of the concept which should be investigated in conjunction with further development work. Red maple and oak logs air dried to less than the FSP were processed by the splitter with no more apparent difficulty than green logs. The development of cracks in these dried logs was very rapid, as would be expected with embrittled material. Green material tended to be split more by the crushing forces than the axe heads.

Initially, the test procedure had called for the de-coupling of the lower roll drive motor. In this way it had been hoped that the energy requirements could be more directly related to the performance of the axe-like teeth on the top roll. As well, it would be far more economical to manufacture a machine in which only one roll, preferably the bottom one, is driven. Unfortunately, in this case, the most powerful roll was also the top roll, and with the lower roll acting only as an idler, the infeed would usually stop if the top roll was lifted slightly to prevent it from being stalled. However, several trial attempts did demonstrate that the concept would have been successful if the aggressive teeth had been on the lower roll. As well, this also demonstrated that a pressure control valve would be more useful than the present volume flow control valve in maintaining a constant feed rate. By varying the maximum crushing pressure, rather than

the roll displacement, the torque of the roll could be used to lift the roll up and onto the material while still accomplishing a maximum amount of crushing.

Of course, defining the lowest moisture content at which dewatering can be accomplished is of considerable interest. In general, 100% MC is considered the useful limit of application for vee and auger presses. The results of these tests, however, suggest that on an energy requirement basis, the lower limit for dewatering by roll splitting is significantly lower than 100%, depending on the species.

The species dependency of this lower moisture content limit is considered to be a reflection of the effect of pore structure and therefore the longitudinal permeability of different species to flow of water in wood. In general, hardwoods are more permeable than softwoods and sapwood is more permeable than heartwood as seen in Siau, (7).

The concept that sapwood is more permeable than heartwood is supported by the observation that the majority of the water expelled through the end grain of each bolt came from its outer annual rings. That softwoods are less permeable was demonstrated by the fact that, as splitting progressed, proportionally less water was removed from the end grain of hemlock than red maple, despite the hemlock's higher moisture content. In addition, the instant a red maple bolt was placed between the rolls, water was forced from the opposite end approximately 1.5 metres away. In the case of hemlock the log had to be split very much closer to the end before water was expelled in quantity from the end grain.

Red oak does not follow these conventions concerning flow of water in wood. It has the highest permeability, Siau (7), of any wood in North America (this was one of the reasons for it being chosen as a test species). Despite this, it was not possible to dewater it appreciably at 80% MC. Earlier observations of green wood felled during the summer and processed by the TVA had revealed that measurable quantities of water were being removed. On this basis, it is assumed that a decrease in green moisture content between summer and winter conditions was the reason for this shortfall in expected performance.

The successful removal of water from red maple with an average moisture content as low as 70% was unexpected. Therefore, additional moisture content samples were taken from several places in the middle of surplus test bolts to confirm whether end drying had affected the moisture content sampling. This sample tested as being from the same population as the initial moisture content samples, at the 99% confidence level.

The reason for the unexpected success in removing water from red maple may be linked to its diffuse pore structure. Diffuse porous wood was discussed earlier as being tougher to split than ring porous woods such as red oak. The opposite situation may hold for dewatering, as the tough diffuse porous material is more effective in transmitting hydrostatic pressures longitudinally and maintaining the continuity of vessel paths more readily than brittle wood such as oak. This ability to transmit pressures longitudinally may result in an end effect occurring. An optimum length might exist which minimizes dewatering energy requirements.

While an end effect for dewatering is only conjectured, it definitely exists for comminution, as the end of each bolt is much easier to split than the middle. In cases where the bolt was passed through more than once, the second pass was usually only needed to crush the middle portion. In expanding roll splitting to a whole tree process, much as a large chipper, this end effect may prove to be a problem though one that could be answered by billeting prior to roll splitting.

While the relatively low energy requirements and dewatering capabilities of roll splitting are interesting, its scope of application will be very limited until the concept is developed to the point where only one pass is needed to achieve the desired product. In all but isolated instances, the machine tested was only able to reduce 9-12 cm diameter bolts to 3 cm slivers in a single pass. Therefore, the principal aim of further development work should be to improve the concept until it can process larger, for example, 30 cm in diameter, into 3 cm slivers in a single pass. In this state, it would be in a position to compete with mobile chippers, such as the Morbark 12 Total Chiparvester which can handle 30 cm diameter material but can still be trailered behind a truck without a fifth wheel.

To improve the concept demonstrated in this test, the total length and roll diameters must be adjusted to produce the desired product. While theoretical and empirical formulae describing the relationship of roll crushing configurations to infeed and outfeed characteristics are available, they deal with rock and other brittle materials, Lowrison (5). Virtually no similar references exist with which to make calculations for woody materials. Therefore, the following description of the rolls needed by a roll splitter capable of processing 30 cm material to 3 cm slivers in a single pass is based primarily on the experience gained while testing the TVA (1) and roll splitting concepts.

Since the 60 cm long rolls of the test machine were sufficient to accommodate up to 20 cm diameter bolts, and the roll length required will most logically be a function of the bolt cross sectional area, the roll length, L_2 needed is:

$$\text{Roll Length } (L_2) = \frac{A_2}{A_1} \times L_1$$

$$= \frac{r_2}{r_1}^2 \times L_1$$

$$= \frac{.15}{.10}^2 60$$

$$L_2 = 135 \text{ cm}$$

A_1 = Area @ 20 cm bolt diameter

A_2 = Area @ 30 cm bolt diameter

L_1 = Roll length to process 20 cm diamater

L_2 = Roll length to process 30 cm diameter

Development of the roll diameter and tooth length and pattern shown in Figure 12 was based on the experience gained during field testing, experimentation with cardboard models, and preliminary stress analysis which limited roll and shaft materials to standard mild steel. This approach resulted in a ratio of tooth length to maximum input diameter of 1:3. As well, the use of a ratio of 1:1 for the roll core diameter to maximum input diameter seemed satisfactory.

In the test described here the included angle of each tooth was 60°, chosen to keep the axe points roughly 3 cm apart and as long as possible (Figure 6). To improve the concept, we feel the included angle should be roughly 30° and the distance between points 5 cm.

Besides the roll dimensions, the maximum gap between the rolls must be sufficient to enable each bolt to be started into the rolls. For this purpose, a gap between tooth points equal to 1/3 the maximum input diameter is considered adequate.

In summary, this results in the following proposed roll dimensions:

ROLL DIMENSIONS
(to roll split 30 cm diameter wood)

Length	= 135 cm
Diameter	= 50 cm (outside tooth points)
Teeth	= 10 cm in length 30° included angle 5 cm between points 10 cm cutting edge
Maximum roll gap	= 10 cm between tooth points

Figure 12 illustrates to scale the proportions represented by the above description of the required rolls. Also shown is a peak-to-peak relationship of the tooth points on the two rolls. This pattern would be used to maximize particle size, much like firewood. A point-to-valley relationship would be more useful in producing smaller particles.

The next most important parameters to estimate after roll dimensions are the crushing forces and power requirements. The force used by the test machine, 42,000 kg, was adequate in all cases to crack any log up to 20 cm in diameter, even though the rolls were almost smooth and much of the comminution was still accomplished by crushing rather than splitting. For want of better data, and assuming that the use of large axe-like teeth will considerably improve the comminution action, this 42,000 kg crushing force is considered an adequate maximum.

The power requirements of a larger roll splitter can be estimated using the measured Machine comminution energy requirements and an assumed mass flow

rate through the rolls. While the maximum input diameter is 30 cm it is not reasonable to assume that this load could be maintained at the maximum infeed rate of 30 m/min. Instead, a maximum continuous load of 20 cm diameter material at 15 m/min is assumed. Using this and the lowest Machine comminution energy of aspen, Table 2, the power requirement is:

$$\text{Power} = \text{Machine Energy} \times \text{Mass flow rate}$$

$$= 23 \frac{MJ}{ODt} \times \text{Area} \times \text{feed rate} \times SG$$

$$= 23 \times (.1)^2 \times 3.14 \times 15 \times \frac{1}{60} \times .45 \frac{MJ}{sec}$$

$$= 81 \text{ kw}$$

A similar calculation for the highest machine comminution energy requirement, 32 MJ/ODt for red maple, predicts a power requirement of 133 kw. A 100 kw power requirement is probably as convenient a mid-range estimate as any for a prototyping program.

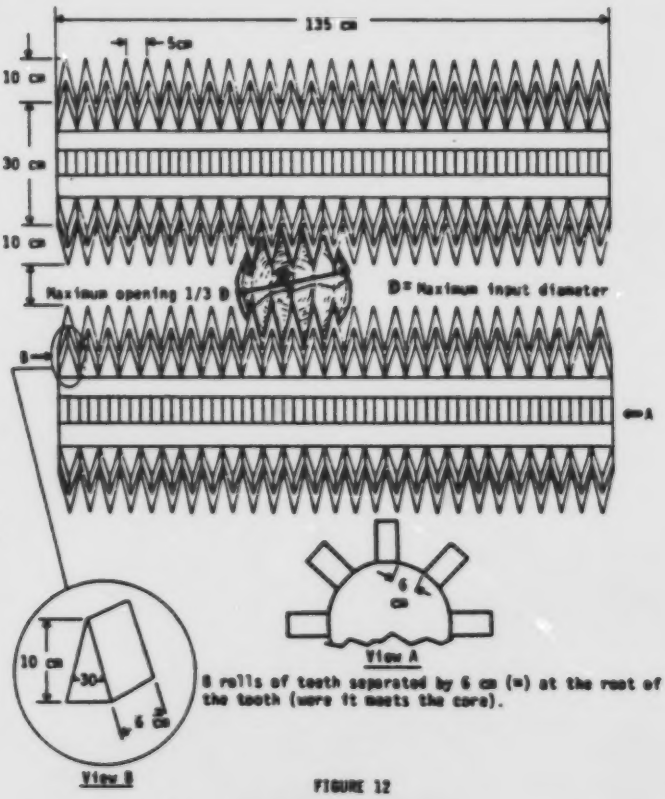


FIGURE 12

SPLITTING ROLL DIMENSIONS

To process 30 cm diameter logs into 3 cm slivers, in a single pass.

As a final comment, the personnel involved in testing the TVA and roll splitting concepts feel that with properly designed splitting rolls, the energy requirements will eventually be less than one half of those of a pulp chipper producing 2.5 cm chips.

7. CONCLUSIONS

Roll splitting bolts of wood has been introduced as a comminution concept which can reduce whole logs to a loose cohesive mass of slivers roughly as long as the original length of the bolt. Depending on the degree of size reduction achieved, the particles can be used as direct "hog" fuel, feed stock to further comminution processes, firewood in the home heating industry, or a material to be compacted and/or baled prior to transportation. Combined with the comminution action is the processor's ability to remove measurable quantities of water at a lower energy cost than thermal drying. Water was removed from aspen at 100% MC using .5 MJ/kg of water. At a comparable level, 2.8 MJ/kg would be used to evaporate it by a standard boiler.

The comminution energy requirements of the roll splitting mechanism tested were roughly 2/3 of that measured for the TVA Fiberizer concept (1). This reduction was due to the use of aggressive axe-like teeth on the top crushing roll rather than the TVA's small buttress thread pattern. These axe-like teeth concentrated more on splitting the logs than crushing them, and eliminated the slip which had been so great a problem in feeding the TVA.

The comminution energy requirements of roll splitting are not as closely related to the specific gravity of the material processed as are standard mechanisms, such as chippers. Instead, they are strongly influenced by the grain structure of the species, as ring porous hardwoods are more easily splintered than diffuse porous hardwoods. For example, red oak, SG = .57, required only 25 MJ/ODt to be processed to the same state as red maple, SG = .53, which required 32 MJ/ODt. Presumably, a similar relationship would hold between even-textured softwoods such as white pine (Pinus strobus) and those with distinct late and early wood such as jack pine (Pinus banksiana. Lamb.)

The dewatering energy efficiency of the process is also tied to pore structure of the species, and works better for diffuse porous hardwoods than ring porous ones. For example, it was possible to dewater red maple from 70% MC to 67% MC while no water could be removed from the red oak at 80% MC.

While the use of 3 cm axe-like teeth on the top crushing roll improved the comminution action over the TVA concept, too much effort was still being expended in crushing rather than splitting. Enlarging the teeth to 10 cm in length on both the top and bottom rolls will further reduce energy requirements.

The change from the relatively smooth rolls of the TVA to the more aggressive roll splitter decreases the percentage of moisture content change realized by the comminution process though it does not appear to have increased the energy required to remove a unit of water.

REFERENCES TO

APPENDIX E

(1) Papworth, R.L. and Erickson R.R. 1966. Power requirements for producing wood chips. Forest Products Journal, Vol. 16 No. 10.

(2) Geundler Crusher and Pulverizer Co. June 1973. Wood hog capacity based on feed sizes per 915-1. Drawing No. D4748.

(3) Arola, R.A. 1971. Cross cut shearing of roundwood bolts, USDA Forest Research Paper N.C. 68.

(4) Koch, P. 1964. Wood Machining Processes. Ronald Press Company, New York.

(5) Lowrison, G.C. 1974. Crushing and grinding, the size reduction of solid material. CRC Press, Cleveland, Ohio.

(6) Harvey, J. July 1972. Green wood fibrating means and method. United States Patent No. 3,674,219.

(7) Siau, J.F. 1971. Flow in wood. Syracuse Wood Science Series 1. Syracuse University Press, Syracuse, New York.

(8) Gasslander, J.E., Mattson, J.E., Sundberg, U., 1979. A pilot study on the energy requirements in forest logging. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency Report No. 127, Garpenberg, Sweden.

SUMMARY

This report compares in graphical and tabular form the energy required to comminute woody materials into various nominal size particles. The energy requirements presented are independent of materials handling effects having been drawn primarily from laboratory test results. They have been adjusted to a common electric motor basis assuming 85% and 30% conversion/transmission efficiencies for electric and internal combustion engines respectively. They have been presented in terms of the oven dry productivity of the mechanisms, oven dry tonnes/Megajoule, (ODt/MJ).

In a general sense the review shows that to reduce energy requirements harvesting residues should be comminuted after drying below the Fiber Saturation Point, particularly when impact machines are considered. Impact machines such as slash cutters can be used to produce large size particles, 15 cm nominal, for roughly the same energy requirement as chippers producing 2.5 cm particles.

The involuted disc chipper and spiral head chipper are able to produce 7.5 cm particles for 1/3 the energy requirement of pulp chippers. However, they are presently limited to processing material with a diameter less than 15 cm.

Roll crushing is a promising technique for preparing long sliver-like particles from roundwood and slash.

Baling of residues has the greatest potential for reducing energy requirements. Calculations indicate that shearing and compacting residues in one cubic metre bales requires roughly one quarter of the energy needed to make it into 2.5 cm long pulp chips.

1.0 INTRODUCTION

This report reviews the energy requirements of comminuting woody biomass using the results of past studies. The energy requirements discussed are independent of the location or materials handling functions and apply only to the tool types described.

Some of the most fundamental concepts of comminution are addressed as they relate to energy requirements. This rather theoretical approach is taken to emphasize that the objective of comminution for energy conversion is to produce a surface area. It is essential that this objective is kept in mind since, in a traditional sense, comminution is often considered more as a means of improving materials handling properties than as a fuel preparation procedure. Without clearly recognizing this difference, the development of energy saving techniques will be kept at minimal pace and stifled by the preponderance of well developed traditional comminution and materials handling systems. This is particularly true of the comminution of harvesting residues which, within the scope of this project, is traditionally limited to a woodlands chipping operation.

1.1 Objectives

The objectives of this review are:

- to bring together reliable and well-documented information describing the energy required by different comminution mechanisms when processing woody material;
- to present that material in a manner which makes the results, often from widely different experiments, as comparable as possible;
- to rank, in some manner, the relative efficiencies of these processes; and
- to include some comment on the most useful direction to take in the development of low energy comminution devices particularly suited to a biomass energy industry based on harvesting residues.

1.2 Energy Level Concept

The energy requirement of the different processes reviewed in this report have been presented using a system developed by the Department of Operational Efficiency of the Swedish University of Agricultural Sciences, Gasslander, Mattsson and Sundberg (1). We have adapted the terminology of their system which recognizes four distinct levels of direct energy requirements for any process: Physical, Machine, Cycle and Operational. The definition of each level follows:

> **Physical** - A theoretical measure of the minimum energy required to produce a size distribution of particles based on the surface area created.
>
> **Machine** - The energy consumed by a machine while performing useful work, in this case breaking material apart. This includes only the fuel consumed by the working tools. It does not include energy consumed as a

base load, i.e., energy used under no-load conditions to drive transmissions and auxiliary equipment such as fans and oil pumps.

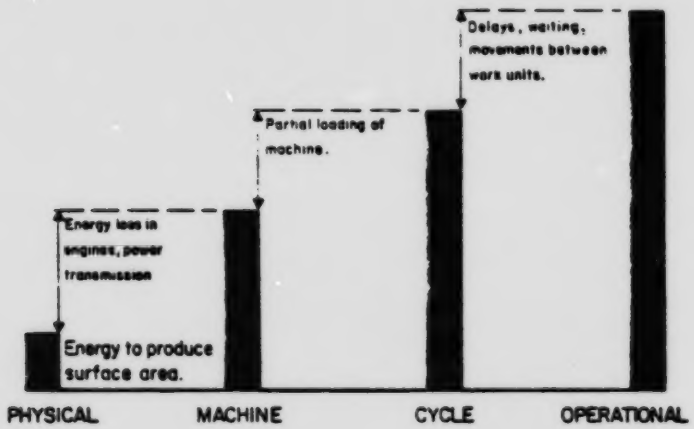
Cycle - All energy consumed by a machine while processing material, including the energy lost driving machine elements other than the comminution elements, i.e., fans and conveyor belts.

Operational - The total energy used during a normal operating period, e.g., one shift. This includes all energy lost during idling times and while waiting to process material.

Figure 1 illustrates the relationship between these levels of energy requirements.

FIGURE 1
ENERGY LEVELS

The difference between energy levels represents an energy loss which can be assigned to the higher level. For example the losses associated with the Operational level are due to delays and waiting times.



The Physical energy needed to produce a new surface area is a theoretical concept, however it does allow one to compare the energy requirements of all types of equipment based only on the change in form accomplished by the process. It could be used as a means of ranking fuel quality improvement as a result of processing. The Machine energy level is useful to the mechanical design engineer for determining peak power requirements of each equipment type based on surge loads. It is of rather less interest to the equipment manager attempting to reduce energy costs while working within the limits of his operation. To the manager, differences between Machine, Cycle and Operational energy levels are of greater interest. They are the losses which can be reduced, through modification to operating techniques.

In the study conducted by Gasslander et. al (1), the levels of energy requirements were extended to include a fifth level, System, which assigned indirect energy values to repair actions, spare parts, lubricants and machine energy values.

While this is a valid consideration, we have not included this level in our examinations since the objectives of the project are to initiate development and prototyping of new equipment.

When discussing the energy requirements of comminution it is of primary importance to establish the nature and physical properties of the material to be broken down. In the case of logging residues there are two aspects to this consideration. Firstly, there are the factors which describe the mechanical properties of the material to be comminuted and, secondly, there are the factors which describe the materials handling properties of elements. In this report, only the mechanical properties are considered, consequently further limiting the discussion to the Physical and Machine energy requirements.

1.3 A Note on Units

One of the principal problems encountered in making a comparative study of energy requirements to prepare fuel is the wide variety of units used to describe productivity and material characteristics. Therefore, as a standardized approach, all references to productivity are made on the basis of **dry weight productivity**. When necessary this is further qualified by referring to other parameters such as volumetric or green weight productivity. As well, moisture content is always expressed on a **dry weight basis.**

Energy requirements are expressed in Megajoules (MJ). A table of energy equivalents and SI to British conversion factors is presented in Appendix B.

While some liberty has been taken in converting energy requirements measured in past studies to a common basis of comparison, in each case all possible care has been taken to verify that assumptions made regarding appropriate conversion factors are correct.

2.0 PHYSICAL ENERGY REQUIREMENTS

2.1 Mechanical Properties

The mechanical properties which affect the comminution of harvesting residues are those of the wood, bark and foliage, and depending on stand type and age and method of logging used, the proportion of each of these three elements will vary significantly. While their mechanical properties are very different from each other, only those of wood will be discussed here in relation to comminution energy requirement.

Undoubtedly, bark and foliage make up significant proportions of residues and in some cases will affect the machine energy level of comminution. USDA (25) has estimated that bark and foliage represent 15% of the wood weight of all cull sections and logging residues in the eastern United States. Hakkila (28) has estimated that 30% of the dry weight of coniferous branch residues exclusive of needles is bark. Despite these significant percentages this discussion is based on the mechanical properties of wood due to the lack of data with which to make adjustments for the effects of bark or foliage components. As well, in all but exceptional cases bark, and foliage are far weaker than wood. Stringy cedar

bark is an obvious exception, though the difficulty in comminuting this type of material is more an expression of its materials handling properties than mechanical properties such as tensile, shear or compressive strength.

2.2 Relative Strength Properties of Wood

Wood is a structure of long thin-walled cellular elements whose axial arrangement and symmetry make it a particularly complex material to deal with in a mechanical sense. All of its mechanical properties - strength, thermal conductivity, permeability, etc. - are orthotropic (3-dimensional) though, for the most part, the difference between the properties of the two planes parallel to the grain, radial and tangential are insignificant.

In Table 1 the strength properties of black spruce (Picea mariana) which are significant to the process of comminution are exampled. They illustrate the difference in strength properties between the three basic modes of failure, compression, shear and tension, and the principal planes of failure parallel and perpendicular to the grain.

TABLE 1
Mechanical Strength Properties
of (green) Black Spruce
Perpendicular and Parallel to the Grain
(Units kg/cm^2)

	Direction of Stress	
Property	Parallel	Perpendicular
Compression	180	100
Shear	47	9.4
Tension	380	7.2

It is obvious that all strengths are lowest when wood is stressed perpendicular to the grain, and that the lowest strength property is in tension perpendicular to the grain. There is nothing new or startling about this comparison. The reason for including it is only to quantify by example the relative strengths in each plane, and mode of failure for most species of wood.

Strength, unfortunately, is not an expression of energy. It is only one component of the product of force and distance needed to express it. Therefore, simply regarding strength properties as indicators of energy requirements may be somewhat misleading. However, these strength properties do indicate that far smaller forces can be used in comminuting wood to produce a plane parallel to the grain rather than one perpendicular to the grain. In most cases the difference in force requirements is at least an order of magnitude, and to some degree is paralleled in energy requirements.

2.3 Effective Surface Energy

As mentioned in the previous paragraph, energy and strength are related but not the same. Since reducing energy requirements for comminuting fuel is our principal objective we have related the energy requirement of producing a surface area to the very large differences in force requirements indicated in Table 1.

In theoretical discussions the process of breaking material apart to create a new surface area involves two energy components, the energy of deformation and the energy of fracture. The sum of these two constitutes the effective surface energy needed to create a unit of surface area (MJ/M^2). Therefore, by virtue of its surface area we can assign any particle or distribution of particles a specific surface energy (MJ/ODt) equal to the product of its/their total exposed surface area (M^2/ODt) and effective surface energy (MJ/M^2). The energy required to break a material down from one size distribution to another is equal to the difference between its specific surface energy before and after processing. Therefore, knowing the before and after size distribution and the effective surface energy of a material, a theoretical minimum energy requirement to comminute a material can be calculated. This theoretical minimum is the Physical energy level referred to in Figure 1 and is proposed here simply as a common basis on which to compare the energy requirements of machines producing widely differing shapes and particle size distributions.

Due to the very complex nature of the failure modes of wood, analyses of the energy required to create new surface areas are not common. This type of analysis is usually limited to the processing of homogeneous brittle materials, such as rocks or powdered chemicals, whose brittle failures lend themselves more readily to analytical modelling. However, some work has been done to define theoretical minimum energy requirements to produce surface areas of wood parallel to the grain. We have used these results and some broad assumptions to define a simple, theoretical minimum energy requirement for producing particles of different shapes and sizes based on the surface area created. This approach was taken to develop an estimate of a Physical energy level (Figure 1) which could be used as a basis of comparison between all machines. It is dependent only on the size distribution of the product produced, not on the tool or prime mover used.

In the following paragraphs, the magnitudes assigned to the effective surface energy for surfaces perpendicular and parallel to the grain are rough estimates and serve only to recognize a general relationship between the two effective surface energies.

In experiments conducted by Atack, May, Morris and Sproule (22), the minimum effective surface energy to create surface areas parallel to the grain for black spruce was measured to be .01 Joule/cm^2. This figure was generated under laboratory conditions which were as close to perfect tensile failure as possible.

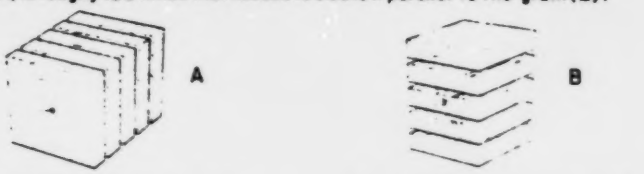
Unfortunately, similar data are not available to describe the minimum energy required to create surface areas perpendicular to the grain. Therefore, as a best estimate, we have assumed that the ratio of the effective surface energy perpendicular and parallel to the grain is equal to the ratio of the ultimate tensile strengths perpendicular and parallel to the grain. Using the best figures available from the Wood Handbook (2), this ratio for black spruce is roughly 100 to 1. Therefore, the effective surface energy perpendicular to the grain has been assumed to be 1 Joule/cm^2. The ratio of the tensile strengths has been chosen since tensile fractures require the least amount of energy of the three fundamental modes of failure, shear, compression and tension, Lowrison (23). Figure 2 illustrates the concept of the difference in effective surface energies.

This concept of an effective surface energy perpendicular and parallel to the grain could be expanded to recognize the influence of factors such as species, temperature and specific gravity. However, the objective here is to propose a very simple means of comparing the really useful work accomplished by widely differing machines, not to provide a rigorous analytical tool or table of

FIGURE 2.

EFFECTIVE SURFACE ENERGY

The energy needed to create a unit of surface area perpendicular to the grain (A) is roughly 100 times that needed to cleave it parallel to the grain (B).



The effective surface energy perpendicular to the grain has been assumed to be 1 J/cm^2.

The effective surface energy parallel to the grain has been measured to be .01 J/cm^2.

mechanical properties. Therefore, for the purposes of this study the values measured and estimated for spruce are assumed to be applicable to any species. Their relative magnitudes are more important than their absolute magnitudes.

2.4 Physical Energy Level

Using the concept of distinct effective surface energies perpendicular and parallel to the grain, a very simple theoretical minimum energy requirement to produce different sizes and shapes of particles can be calculated based on their projected surface areas in either plane. In effect, the particle represents an energy requirement based on its projected surface area. For example, in Figure 2 the equal volumes of A and B represent distinctly different Physical energy levels. In A, the surface area exposed by shearing across the grain represents a Physical energy level 100 times as high as that of B, split parallel to the grain.

Using the measured and assumed effective surface energies of .01 J/cm^2 and 1 J/cm^2 for planes parallel and perpendicular to the grain, the surface energy level represented by particles of different sizes and shapes can be calculated based on their size and shape. The surface energy level of cubic particles can be represented by the following equation, assuming specific gravity of .38 for spruce:

$$\text{Surface energy requirement} = \frac{5.4}{x} \text{ MJ/ODt} \quad (1)$$

Where: x = length parallel to the grain in cm

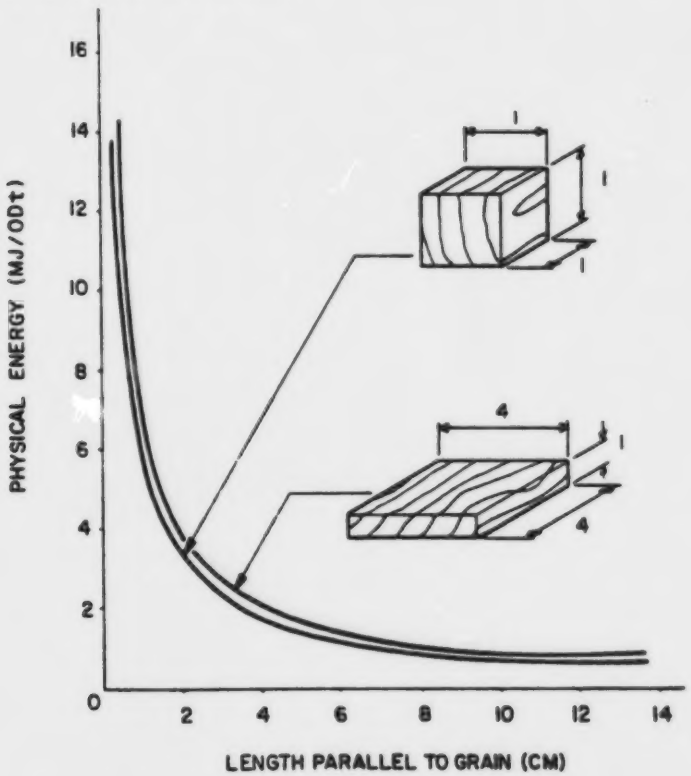
For particles whose longitudinal (parallel to the grain), tangential and radial dimensional ratios are 4:4:1, (similar to pulp chips), the surface energy requirement is expressed by the following equation:

$$\text{Surface energy requirement} = \frac{5.6}{x} \text{ MJ/ODt} \qquad (2)$$

Where x = longitudinal dimension in cm.

Figure 3 is a graph of equations (1) and (2) illustrating that the difference between their surface energy is almost indistinguishable, despite the fact that the cubic particles represent only half the surface area of the other thinner particles. What is easily distinguished is the great sensitivity of the Physical

FIGURE 3
SURFACE ENERGY (Size and shape of particles)
The surface energy represented by the size and shape of a particle can be calculated as the product of it's projected surface areas and effective surface energies perpendicular and parallel to the grain.



energy requirement to the length of the particle. While this is a highly idealized example, it does emphasize that considerable energy can be saved by concentrating on splitting wood rather than shearing it.

Comparison of equations (1) and (2) indicates that a very small amount of energy is needed to increase greatly the specific surface area through splitting or cleaving particles. From equation (1), 2.16 MJ/ODt are needed to prepare 2.5 cm cubic particles, which represents 631 m^2 of surface area. From equation (2), only 2.24 MJ/ODt are needed to produce 2.5 cm long particles, one quarter as thick as they are long. This represents 1263 m^2 of surface area. A very modest increase in surface energy realizes a large increase in surface area.

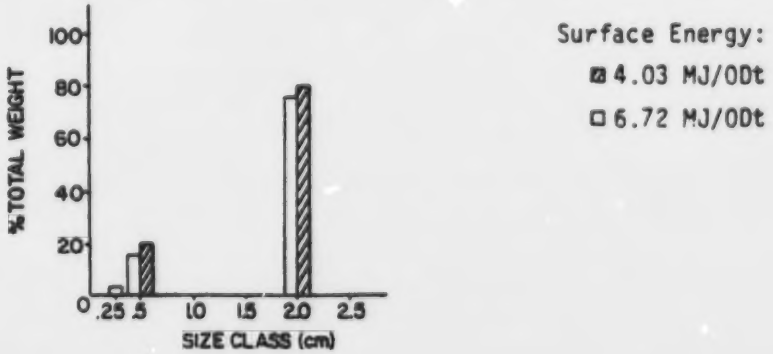
Assuming that the greater the surface area available the better the fuel, the particle with the narrow cross-section represents a considerably better fuel than the cubic particles. Whether or not the potential improvement in fuel quality which the greater surface area represents is utilized is, of course, dependent on many factors specific to the type of energy conversion technology used.

Pile geometry and the methods used to inject gas into or around a pile greatly affect the proportion of specific surface area utilized by a particular conversion technology. The proportion utilized is the effective surface area of a fuel, and is equal to or usually less than the specific surface area. Suspension burning and fluidized bed may be the only conversion technologies in which specific and effective surface areas are equal.

The greater the effective surface area the more suited a fuel is for use with a particular energy conversion technology, usually resulting in an improved transient load response. A poor transient load response capability is one of the principal disadvantages of direct combustion technologies in comparison with fossil fuel technologies. Therefore, in choosing a comminution mechanism, one of the objectives should be to select one which processes material into a size and shape that makes available a maximum effective surface area for the energy conversion process intended.

Another aspect of energy requirements that can be illustrated using surface energy level is the very significant effect the production of even a small percentage of fines can have on the comminution energy. Applying the surface energy levels for cubic particles from equation (1) to the size distribution of Figure 4 and calculating a weighted surface energy level indicates that the

FIGURE 4
SURFACE ENERGY AND SIZE DISTRIBUTION
The inclusion of even a small amount of fines greatly increases the surface energy represented by the size distribution.



distribution with only 5% more fines in the .25 cm class represents almost 1.7 times the energy of the other, or 6.7 MJ/ODt and 4.0 MJ/ODt respectively, despite the fact that both would be classed as the same size of particles by most classification systems. It is little wonder that shredders and hammermills require more energy than chippers simply on the basis of the broad size distribution of particles they produce, not to mention the very blunt tools they employ.

This theoretical approach to energy requirements has been included to emphasize the two principle factors which determine the energy requirements of all comminution machines, product particle size and the mechanical properties of wood perpendicular and parallel to the grain. Other factors such as moisture content, temperature and species (specific gravity) might have been included, but the attempt here was to consider generalities and not dwell overly on abstract ideas.

Physical energy has been proposed as a measure of useful work, rather than the specific surface area itself, in an attempt to recognize the anisotropic mechanical properties of wood and their effect on energy requirements. The concept has some obvious shortcomings, particularly in relation to the creation of large particles. As particle size increases, the deformation energy to mass ratio increases, causing the effective surface energy to increase. Whether this is reflected in a similar increase in Physical energy requirements depends on the rate of increase of the effective surface energy. However, the purpose of the Physical energy concept is not to predict a minimum energy requirement but simply to propose a basis of comparison of useful work accomplished based on the mechanical properties of wood and the size distribution of particles. The consequence of comminution is to increase surface area, therefore it is difficult to think of a more practical means of comparing the quantity of useful work accomplished than this concept of the Physical energy requirement based on the change in the surface area.

2.5 Effect of Particle Size on Fuel Quality

Before concluding our examination of the Physical energy requirement, one must discuss fuel quality as it relates to comminution and the surface area created.

It is difficult to compare comminution energy requirements due to the absence of an effective means of ranking the fuel quality of fuel samples prepared by different machines from the same feedstock. Other than moisture content, the only other criteria used to evaluate quality is whether particle size is too small or too large. These size factors are, in most cases, an evaluation of materials handling properties relative to infeed mechanisms, not fuel quality factors. Too small a size usually indicates a potential fly ash problem, and too large leads to an infeed limitation or excessive residual time, causing carryover.

What is needed is some way to rank fuel quality based on its single most important characteristic, how it burns. Almost any other industry has some way of testing or relating quality to the final product. The pulp and paper industry has such tests as bust factor, or tear factor to indicate final product quality. The saw log industry has stress tests and grading assessments. Other energy conversion industries have octane ratings indicating some measure of the expected performance from an engine. The biomass energy industry seems to have none. This is either because it does not need them or, we feel, it has chosen not to recognize a need for them.

Regardless, in examining comminution energy requirements in order to reduce them, the question continually arises as to whether the quality of one fuel is significantly better than another and warrants an additional energy investment in preparing it. A subjective question, perhaps, but given the significant effect of improving energy conversion efficiencies "at the boiler, so to speak" by even a small amount, perhaps it is not.

The fuel quality factor which comminution most affects is the rate at which conversion can be controlled. Therefore, a test is needed to determine whether a fuel sample can be made to burn at a rate compatible with the conversion technology requirements. Alternatively, at this early stage in the revival of the biomass energy industry, the reverse can still be contemplated where the conversion technology is made compatible with restrictions imposed by the fuel quality as dictated by its size distribution and surface area.

As a recommendation based as much on intuition as energy conversion know-how, it is suggested that a test be developed that would determine at what rate a unit mass of a fuel can be reduced by some significant portion of its original mass or to ashes. Using an oven dry rather than an as-received sample would probably give the best indication of quality relative to surface area.

It is not the purpose of this recommendation to design a test but only to suggest a requirement that has been identified as a result of examining the energy requirements and reasons for comminution of the material before conversion. Such a test or definition of size requirements would allow greater flexibility in the design of an energy production and conversion facility which is not based solely on the existing technology of chipping and which would allow other shapes and sizes of particles, particularly large ones such as billets and bales, to be considered as viable fuel sources. At this point, materials handling systems immediate to energy conversion processes restrict our concepts of acceptable fuels more than the energy conversion technologies themselves.

3.0 MACHINE ENERGY REQUIREMENTS

This section compares the machine energy requirements of a cross section of machines which are or can be used to comminute woody biomass. In as many cases as possible, the machine energy requirements described have been based on actual laboratory or field test results. However, comparable data describing energy requirements of comminution equipment, or any other machine for that matter, are very scarce, Ash et. al (2), Gasslander et. al (1). Therefore, in some cases, best estimates based on the author's experience have been used to calculate machine energy requirements.

We have reviewed the Machine energy requirements of chippers, shears, hammermills, slash cutters, crushers and balers. All energy requirements have been converted to an oven dry productivity basis. The Machine energy levels quoted are either taken directly from the sources referenced or are based on original data modified using variables such as specific gravities from the Wood Handbook (2). All energy requirements are expressed on the basis of an electric motor drive. Combined energy conversion and transmission efficiencies of 85% and 30% have been assumed for electric and internal combustion engines

respectively. The energy levels quoted, therefore, represent the energy consumption that would be measured for an electric motor drive system regardless of the type of prime mover and test configuration used in the original tests.

3.1 Chipping

There are probably as many makes and styles of chippers available as there are species of trees in Canada. However, despite many claimed differences, there are essentially only two characteristics which affect the Machine energy requirements for chipping a species of wood: the angle relative to the grain at which the blade attacks, and the size of chips produced. Blades which attack the wood parallel to the grain require roughly 1/2 the Machine energy of those cutting it perpendicular to the grain, with the energy requirements varying between this low and high, as the angle of attack varies.

Machine energy requirements (which are independent of materials handling advantages) of drum and disc chippers are therefore the same providing their angle of attack is the same. Drum chippers which are self-feeding, or more self-feeding than a disc chipper may have a materials handling advantage but this would be reflected in lower Cycle and Operation energy levels, not the Machine energy levels we are considering here.

Having been in operation for many years, the energy requirements of chippers are well documented, at least for chips in the size range of pulp chips. Several examples of chipping Machine energy requirements are described in the following paragraphs.

According to data extrapolated from tests conducted by Papworth and Erickson (3) most disc or drum chippers require roughly 13.6 MJ/ODt of material to produce 3 cm long maple chips. However, chipping parallel to the grain requires only 7.3 MJ/ODt to produce the same length of chip, Papworth and Johnson (4). It is reasonable to assume that this ratio of roughly 1:2 applies to the energy requirements of chipping parallel versus perpendicular to the grain over the normal size range of chips.

As a very general rule of thumb, the ratio of the Machine energy to chip different species is equal to the ratio of their specific gravities. Table 2 shows this, using figures from a study conducted by Papworth and Erickson (3).

TABLE 2

Chipping Machine Energy Requirements*
Dependent on Specific Gravity
(Perpendicular Chipping; 1.2 cm long chips)

Species	Specific Gravity	Machine Energy Requirement (MJ/ODt)
Aspen	.42	16.9
Hemlock	.44	19.9
Hard Maple	.66	22.6

*Source: Papworth and Erickson (3)

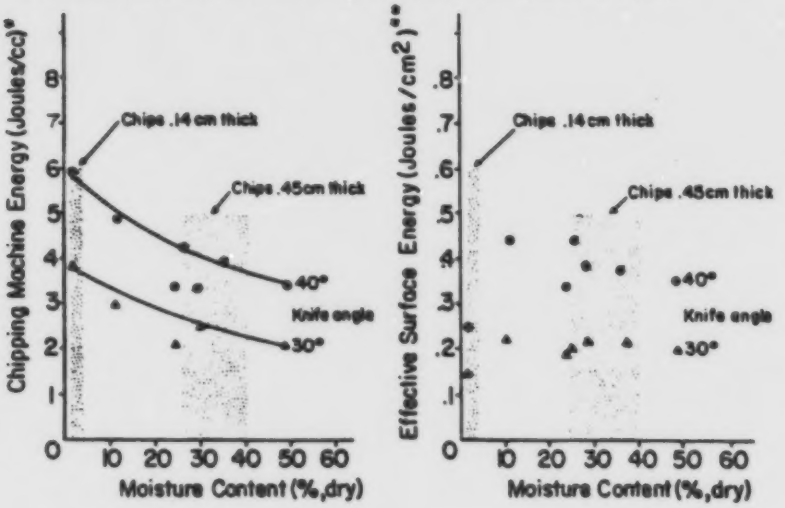
Besides specific gravity, the moisture content of wood affects chipping Machine energy levels, increasing them by 14% to 30% as the wood dries from a green state to an air dried one, which is 12%-15% below the Fibre Saturation Point (FSP), Lowery, Hillstrom and Elert (18). As the wood dries and becomes stronger and more brittle it tends to shatter into finer particles, Papworth and Erickson (3).

The question arises, then, whether there is a significant gain in fuel quality through the production of a higher surface area that justifies the additional energy invested in chipping dried material. In slow speed chipping experiments Buchanan and Duchnicki (19) measured the energy requirements and differences in chip thickness as progressively dryer samples were chipped into equal length chips. Using their figures indicates that as wood dried below FSP, while the energy consumed increased per unit volume of material it remained the same or even decreased in relation to the projected surface area created (Figure 5). Therefore, on the basis of the surface area produced and energy consumed, it

FIGURE 5

CHIPPING MACHINE ENERGY (VOLUME VS. SURFACE AREA)

While the energy (Joules/cc) based on volumetric productivity increases as moisture content decreases, the same does not hold true for the energy requirement based on the surface area produced (Joules/cm^2). It appears to remain the same or even decrease at very low moisture contents. As the wood dried from 30% M.C. to 2% M.C. chip thickness decreased from .45cm to .14cm.



*Source Buchanan and Duchnicki(19) **Calculated using data from above reference.

appears to be better or at least no worse to chip dried than green material. Whether this holds for chipping speeds consistent with pulp chip production is not definitely known, but it seems reasonable to assume so.

In Figure 6 the effects of chip size, specific gravity, moisture content and blade orientation are summarized as they relate to chipping Machine energy requirements.

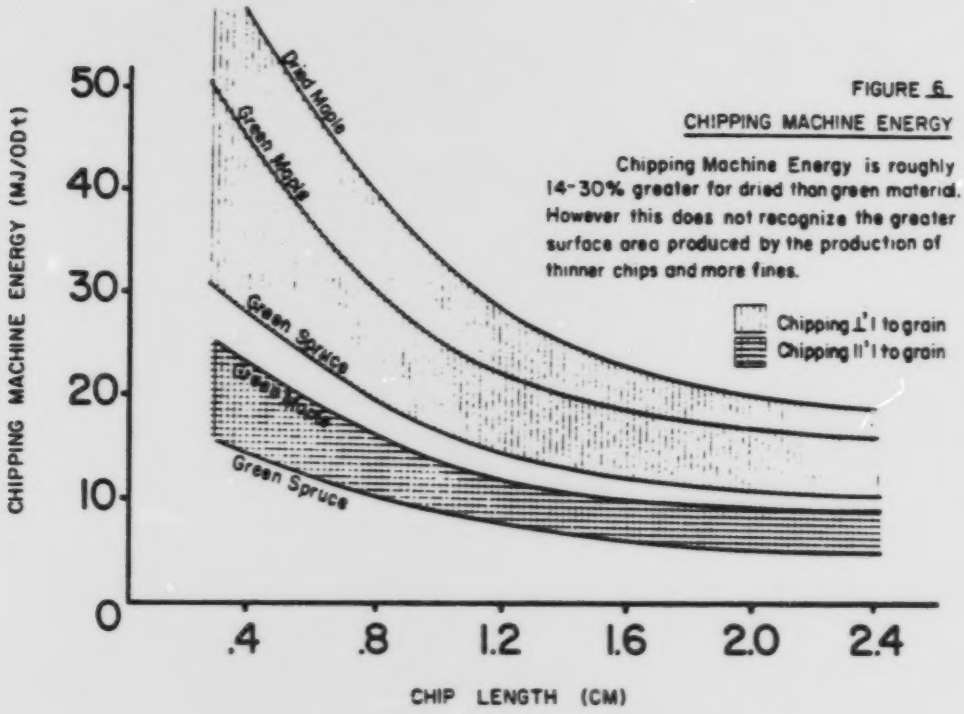


FIGURE 6
CHIPPING MACHINE ENERGY

Chipping Machine Energy is roughly 14-30% greater for dried than green material. However this does not recognize the greater surface area produced by the production of thinner chips and more fines.

While from a Machine energy standpoint chipping parallel to the grain is obviously preferable to chipping perpendicular to it, the advantage usually disappears at the higher Cycle and Operational levels due to the difficulty of feed long particles such as branches and trees parallel to the blade. Commercial Vee drum chippers and disc chippers sensibly split the difference by attacking the material at an angle somewhere between perpendicular and parallel to the grain. Baling material and feeding it magazine style to a drum chipper would be an obvious method for taking advantage of the low Machine energy requirement of chipping parallel to the grain. This advantage could probably be utilized by machines other than chippers, such as shredders and punch and die-hogs, whose infeed could be controlled to allow bales of material to be attacked parallel to the grain.

3.2 Chunkwood Processors

Chippers capable of consistently producing particles longer than pulp wood dimensions are not common. However, the spiral-head chipper concept shown in Figure 7, which produces particles from 7 cm to 8 cm in length has in recent years been undergoing development in both the United States and Europe. The Machine energy requirements of a first prototype as measured by Erickson (7),

are shown in Table 3. They varied from 43.3 MJ/ODt to 27.6 MJ/ODt with a weighted average of 34.8 MJ/ODt. This Machine energy requirement is equal to that needed to produce .5 cm long particles using a disc chipper. However, Erickson reported that this high Machine energy level was a result of imperfections in the prototype blade causing excessive friction between the particles and blade flights, and that the energy requirement could be greatly reduced by modifying the techniques used to manufacture the cutter head.

FIGURE 7
SPIRAL-HEAD CHIPPER

The spiral-head chipper is capable of producing chunk wood chips 7 cm in length.

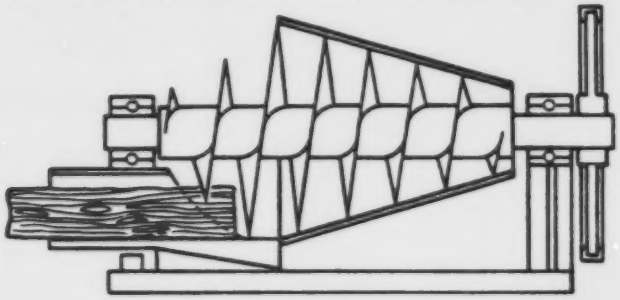


TABLE 3
Spiral Chipper Machine Energy*
(7 cm long chips)

Species	S.G.**	No. of Samples	Machine Energy (MJ/ODt)
White Birch	.48	14	37.2
Aspen	.35	8	27.6
Sugar Maple	.65	3	43.3
Red Maple	.49	5	37.1
Red Oak	.53	6	32.7
	Weighted average =		34.8

* Source: Erickson (7)
** From Wood Handbook (2)

A Finnish model of the spiral-head chipper, trade named Koppo (Figure 8), is also available in Canada. It is distributed by:

Hakmet Ltd.,
179 Place Frontenac
Pointe Claire, P.Q.

It is a well-developed machine, easily able to process material up to 15 cm in diameter, and represents a major step forward in the development of low energy comminution devices. In the past, the development of chunkwood processors was plagued by high impact loading problems associated with using either disc or drum chipper technology to form large chips. The spiral-head chipper with its low angle of attack partially solves this problem.

TABLE OF CONTENTS

		Page
	SUMMARY	
1.0	INTRODUCTION	1
1.1	Objectives	1
1.2	Energy Level Concept	1
1.3	A Note on Units	3
2.0	PHYSICAL ENERGY REQUIREMENTS	3
2.1	Mechanical Properties	3
2.2	Relative Strengths	4
2.3	Effective Surface Energy	4
2.4	Physical Energy	6
2.5	Effect of Particle Size on Fuel Quality	9
3.0	MACHINE ENERGY REQUIREMENTS	10
3.1	Chipping	11
3.2	Chunkwood Processors	13
3.3	Shearing	17
3.4	Hammermills	17
3.5	Slash Cutters	20
3.6	Crushers	22
3.7	TVA Fiberizer	26
3.8	Baling	28
3.9	Comparison of Machine Energy Requirements	33
4.0	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	34
4.1	Conclusions	34
4.2	Recommendations	35
	REFERENCES	
	APPENDICES	
	APPENDIX A Conversion Factors	
	APPENDIX B Calculations	

LIST OF FIGURES

FIGURE NO.		Page
1	Energy Levels	2
2	Effective Surface Energy	6
3	Surface Energy	7
4	Surface Energy and Size Distribution	8
5	Chipping Machine Energy (Volume vs. Surface Area)	12
6	Chipping Machine Energy	13
7	Spiral Head Chipper	14
8	Finnish Spiral Head Chipper: Koppo	15
9	Involuted Disc Chipper	16
10	Solid Volume Factor vs. Particle Shape	16
11	Hammermilling Machine Energy	18
12	Fling Solid Waste Demolisher (SWD)	19
13	Vertical and Horizontal Axis Slash Cutters	20
14	Stirrup Hog	21
15	Jaw, Gyrator and Roll Crushers	23
16	Splitting Rolls	25
17	Russian Roll Crusher	25
18	Size Distribution Russian Roll Crusher	26
19	The TVA Fiberizer	26
20	Product of the TVA Fiberizer	27
21	The "PP" Chipper	28
22	Baling Compaction Forces	29
23	The VPI Baler	30
24	Comparison of Machine Energies	33

LIST OF TABLES

TABLE NO.		Page
1	Mechanical Strength Properties of Black Spruce	4
2	Chipping Machine Energy Requirement	11
3	Spiral Chipper Machine Energy Requirement	14
4	Slash Cutter Machine Energy Requirement	22
5	Comparison of Jaw, Gyrator and Roll Crushers.	24

ABSTRACT

This report compares in graphical and tabular form the energy required to comminute woody material to nominal sizes using chippers, chunkwood chippers, hammermills, brush flails, roll crushers, and baling mechanisms. The energy requirements to produce surface areas perpendicular and parallel to the grain are also compared.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to acknowledge the ready assistance supplied by the personnel of the Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC) in general, and in particular, Mr. Jean Bérard, the project manager. The access afforded to FERIC's library system and the assistance afforded by their academic and industrial contacts facilitated the progress of the several tests carried out during the project. In addition, the discussion with and criticisms offered by Mr. C.R. Silversides, National Research Council Energy Program, added depth to our presentation.

FOREWORD

This report was prepared under the auspices of the ENFOR (Energy from the Forest) program of the Canadian Forestry Service. Under this program, research and development activities are conducted to increase the knowledge and improve the technology relating to the utilization of forest biomass as a source of energy.

The ENFOR program is part of a comprehensive national effort encompassing the development and utilization of all renewable sources of energy. It is aimed essentially at reducing Canada's current dependency on oil and other non-renewable sources of energy.

Under the terms of an agreement with the Government of Canada, the Forest Engineering Research Institute of Canada retained the services of K.C. Jones & Associates Ltd. to design and implement a project which led to the preparation of this report.

Available from:

Forest Engineering Research
Institute of Canada
143 Place Frontenac
Pointe Claire, Québec
H9R 4Z7

ENFOR Secretariat
Canadian Forestry Service
Dept. of the Environment
Ottawa, Ontario
K1A 0E7

© Copyright 1981, Forest Engineering Research Institute of Canada

A review of energy requirements to comminute woody biomass

by

K.C. Jones & Associates Ltd.

Special Report No. SR-14

ENFOR Project P-28

Author: Keith C. Jones

ISSN 0381-7733

FERIC

FOREST ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF CANADA
INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES EN GÉNIE FORESTIER

Energy
ENFOR
from the
Forest

Énergie
ENFOR
de la Forêt

ABSTRACT

Past experiments have identified the need for an infeed mechanism particularly suited to the requirements of harvesting residue balers. This report describes tests carried out to bale rolled crushed slash and roundwood. Tests were intended to determine whether this process could be used to pre-process, dewater and infeed material to a baler. The energy requirements to roll crush slash are presented, as are the solid volume factors and bulk densities achieved by baling crushed wood.

TABLE OF CONTENTS

No.		Page
1.0	**Introduction**	F1
2.0	**Roll Crushing Slash**	F1
2.1	Objective	F1
2.2	Machine Description	F1
2.3	Test Procedure	F3
2.4	Results and Discussion	F4
2.5	Conclusions	F7
3.0	**Baling Roll-split and Crushed Wood**	F7
3.1	Objectives	F7
3.2	Machine Description	F8
3.3	Test Procedure	F9
3.4	Test Results	F10
3.5	Discussion	F13
3.6	Conclusions	F14
4.0	**Recommendations**	F15
	References	F16

LIST OF FIGURES

No.		Page
1.	Sorghum Mill	F2
2.	Instrumentation of Sorghum Mill	F4
3.	Harvesting Residue Baler	F8
4.	Harvesting Residue Bales	F12
	(a) Roll-split Wood (b) Roll-crushed Slash (c) Mix of Whole Trees and Roll-split Wood	
5.	Volume Reduction to Compaction Pressure Relationships	F14
	(a) Pine Slash (b) Pine Chips	

TABLES

No.		Page
1.	**Roll-crushing Wood using a Sorghum Mill** Data Summary and Test Results	F5
2.	**Moisture Content and Specific Gravity of Baled Wood**	F9
3.	**Baling Roll-split Wood** Data Summary and Test Results	F11

1.0 INTRODUCTION

This report describes the results of harvesting residue baling and roll-crushing tests. In November 1980 and January 1981, studies had been carried out at the University of Massachussetts, Amherst, to determine the energy requirements of roll-crushing roundwood bolts into slivers. As a continuation of this investigation, the slivers produced were shipped to the Virginia Polytechnic Institute and State University (VPI) Blacksburg, Virginia. These were baled using a prototype harvesting residue baler. At the same time the energy requirements of a suger cane crusher (sorghum mill) also located at VPI were measured as it crushed hardwood slash having a maximum butt diameter of 4 cm through a 0.6 cm gap. This crushed slash was then included in the baling test.

The description and results of the crushing and baling tests are presented separately, in sections 2 and 3, respectively of this report.

2.0 ROLL-CRUSHING HARDWOOD SLASH

2.1 OBJECTIVE

The objective of this test was to determine the energy requirements for:

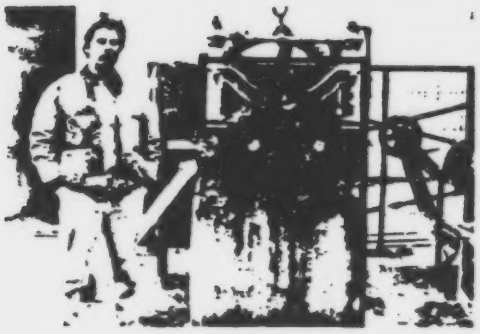
roll-crushing hardwood slash; and
dewatering slash using a roll-crushing apparatus.

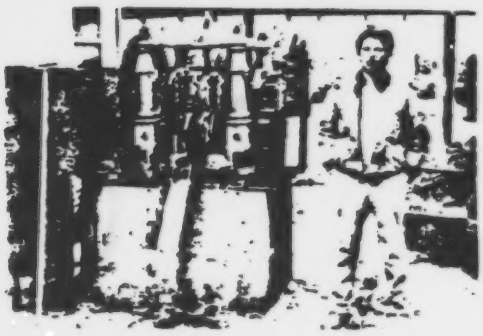
2.2 MACHINE DESCRIPTION

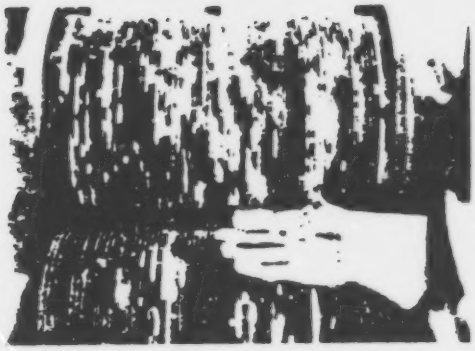
The roll-crushing operation involved use of the sorghum mill shown in Figure 1. This is a 2.5 kw test mill salvaged from a sugar cane processing plant where it had been used in sample processing to determine sugar content. Although it proved rugged and strong enough to crush the slash in the roll-crushing test, it had not been designed with as severe an application in mind.

On this mill, the gaps between the front and back rolls and the top roll can be adjusted independentiy. During the test, the gap between the top and front bottom roll was set at 1.2 cm and that between the top and back bottom roll at 0.6 cm. A deflector plate, located between the bottom rolls, directs the incoming material upwards between the back and top rolls. The plate has a saw tooth pattern on the leading and trailing edges which mates with the surfaces of the bottom rolls.

All three rolls are driven by finger gears, which allow significant shifting of the rolls. The maximum possible gap between the top and bottom rolls is 2.5 cm. Although the rolls are not spring-loaded, some deflection of the frame was observed under very heavy loads.







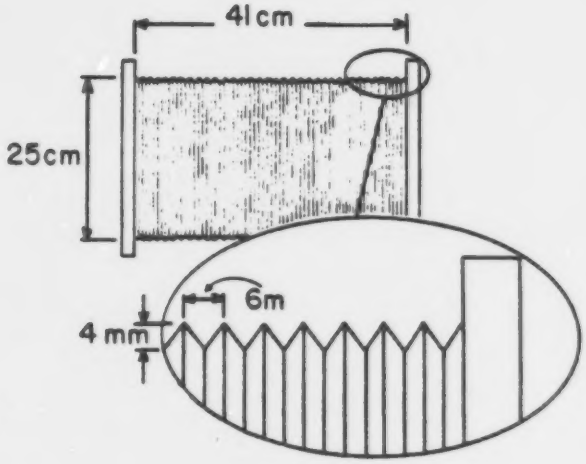


FIGURE 1

SORGHUM MILL SPECIFICATIONS

The sorghum mill used to roll crush slash prior to baling had the following specifications:

Roll		Motor
Width	= 41 cm	3 phase
Diameter	= 25 cm	1760 rpm
Speed	= 8 rpm	7.8 amps
		3 Kw

2.3 TEST PROCEDURE

One week before the test, approximately 1500 kg (green weight) of hardwood coppice and small saplings were felled and bundled at roadside. The material consisted of a random mix of hardwoods native to the area: red maple (Accer rubrum L.), dogwood (Cornus florida L.), oak (Quercus L.) etc. "Hard" hardwoods (SG greater than 0.50) were predominant.

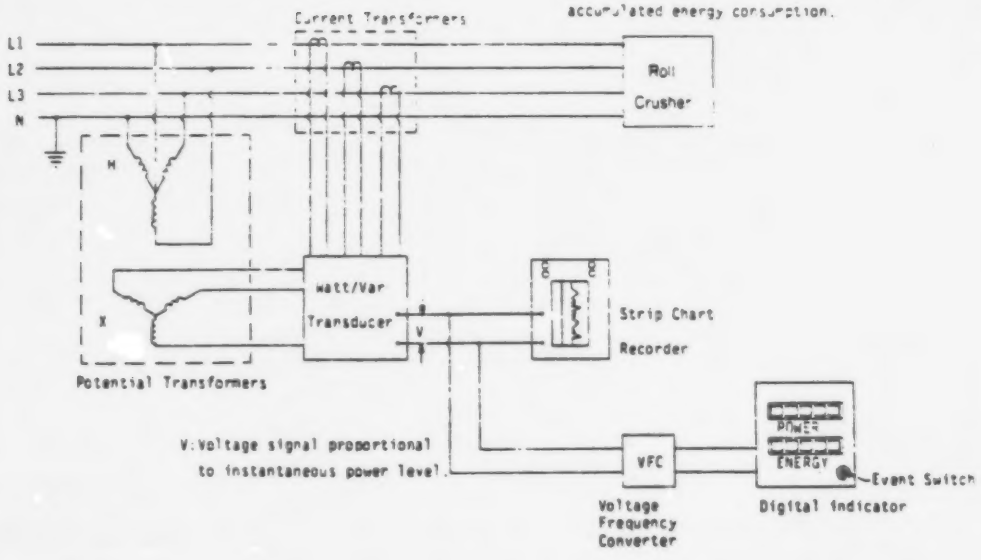
The 50-60 kg bundles of 5-metre long coppice growth were brought to the processing area and weighed immediately before crushing. Material too large to process was removed and its weight subtracted from that of the initial bundle to determine the green weight of the processed material. Moisture content (MC) samples taken from each bundle were used to calculate the oven dry weight of the material crushed.

The electric power supply to the crusher motor was instrumented, as shown in Figure 2, to permit recording of processing time, power levels and total energy consumption. An event switch was used to produce a strip-chart recording of power levels. This procedure provided the basis for records of power levels,

FIGURE 2

INSTRUMENTATION SET-UP

The power level was recorded on a strip chart recorder, and a dual channel digital indicator displayed instantaneous power levels and accumulated energy consumption.



processing time and total energy consumption. The event switch also controlled a digital stopwatch and dual-channel digital indicator which displayed power levels and total energy consumption. Before each bundle was fed into the machine, the time and totalizing channels were set to zero. When a bundle of

slash was fed through the rolls, these indicators were activated. Immediately after the bundle had been processed, the event switch stopped the stopwatch and energy totalizing channels. These values were then recorded.

With the gap between the front bottom roll and top roll set at 1.2 cm, the nip angle was not sufficient to infeed (butt end first) material cut with a square end and having a diameter greater than 2.5 cm. Sharpening these butt ends with a hatchet to a 30-45° angle, enabled the machine to crush even very hard dogwood slash up to 4 cm in diameter without slippage. (The 4 cm diameter limit was chosen simply to minimize the risk of overloading the equipment.)

The slash was fed into the mill butt end first. Usually 3-4 branches were passing through the mill at one time with the operator maintaining as high a load as possible at all times. Because of the very slow infeed speed of 6.3 meters/minute, the operator had no difficulty keeping a continuous stream of slash flowing through the mill.

After leaving the mill, the slash was piled loosely on a trailer and taken to another area for use in the baling tests described in Section 3 of this report.

A drip pan was placed below the rolls to collect any liquid squeezed from the material by the crushing operation. This liquid was weighed to determine the percentage change in moisture content and the energy requirement of dewatering through crushing.

2.4 RESULTS & DISCUSSION

The energy requirements of roll crushing are described in terms of Machine and Cycle energy requirements as first proposed by Gasslander, Mattson and Sundberg (6).

> Machine energy refers to the energy consumed by the working tools. It is equal to the total measured energy consumption, less the no-load energy consumption rate, multiplied by the processing time. It is expressed in terms of Megajoules per Oven Dry Tonne (MJ/ODt) of material processed:

$$E_M = E_{TOTAL} - E_{NO\text{-}LOAD} \times t/Wd \quad (1)$$

E_M = Machine energy
E_{TOTAL} = Total measured energy consumption
$E_{NO\text{-}LOAD}$ = Energy consumption rate at no-load
t = Total time to process
Wd = Dry weight processed

The Machine energy level is the most reasonable one at which to make comparisons of energy consumed by different processes. Beyond this level, material handling aspects and no-load energy consumption rates particular to prime mover types and individual machine designs come into play.

> Cycle energy refers to the total measured energy consumed during processing and includes the no-load energy consumption of the machine. It too is expressed in terms of MJ/ODt.

Table 1 summarizes the data recorded and the results calculated from these data.

TABLE 1

Roll-crushing Wood Using a Sorghum Mill
Data Summary and Test Results

Bundle No.	Weight Green	Energy Consumed	Time	No Load Power	Dry Weight	Machine Energy	Cycle Energy
	(Kg)	(MJoules)	(min)	(MJ/min)	(Kg)	(MJ/ODt)	(MJ/ODt)
1	38.2	1.528	6.87	.092	18.9	47.5	80.8
2	27.7	1.104	5.45	.092	13.7	43.9	80.5
3	18.2	.934	4.26	.1045	9.0	54.3	103.1
4	27.7	1.934	8.83	.1045	13.7	73.8	141.7
5	37.7	1.042	5.62	.104	18.6	24.5	56.3
6	50.0	2.139	9.33	.104	24.7	47.1	86.5
7	43.6	2.491	10.55	.100	21.6	66.5	115.3
8	43.6	1.901	6.96	.098	21.6	56.4	88.0
9	27.3	1.279	6.50	.100	13.5	46.6	94.7
10	16.4	1.605	8.30	.0998	8.2	95.0	195.7
11	46.3	2.268	11.80	.098	22.9	48.5	99.4
12	48.2	3.920	20.15	.098	23.9	81.4	164.0
13	40.5	2.965	6.06	.098	20.1	117.9	147.5
14	51.4	3.784	16.12	.098	25.4	86.8	148.9
15	70.0	2.542	14.03	.099	34.7	33.2	73.2
16	40.0	2.255	13.05	.097	19.8	49.9	113.9
17	31.8	1.866	9.00	.099	15.7	62.1	118.9
18	41.0	2.761	13.03	.096	20.3	74.4	136.0
19	38.2	2.596	13.96	.097	18.9	65.7	137.0
20	30.9	2.224	13.45	.098	15.3	59.2	145.0
21	31.8	1.836	10.78	.096	15.7	51.0	116.9
Total	800.5	-	214.1	-	396.2	-	-
Mean	38.1	2.140	10.20	.098	18.8	62.1	116.3
ST.DV	12.1	.800	4.07	.003	5.9	21.5	31.3
Max.	70.0	2.964	20.15	.104	34.7	117.8	164.0
Min.	16.4	0.934	4.26	.096	8.2	24.5	56.3

The mean Machine energy was 62.1 MJ/ODt. This contrasts with a Machine energy consumption of 20-32 MJ/ODt for roll-splitting roundwood to slivers 3 cm in cross section, and from 16-20 MJ/ODt for producing 2.5 cm-long pulp chips from "hard" hardwoods.

The Cycle energy requirement was 116 MJ/ODt. Therefore of the total energy measured, 54% was consumed as Machine energy (i.e., as useful work), and 46%, the difference between Machine and Cycle levels, as no-load energy losses.

In comparison to chipping Machine energies, those of crushing seem relatively high. The crusher drive system however, consisted of a series of old Vee belt, flat belt pulleys and finger gears , the mechanical efficiency of which is likely quite low. Although instrumentation for measuring the mechanical efficiency of the drive train was unavailable, the performance certainly appeared inferior to that of present-day gearmotors.

The energy requirements for the crusher are, however, similar to those measured for the TVA Fiberizing concept which was tested as part of the early stages of this project. Data from these earlier tests is available as unpublished notes through FERIC.

In the TVA tests, green roundwood averaging 13 cm in diameter was crushed into slivers 3 cm across (i.e., the rate of reduction in cross-section dimensions was roughly 4 to 1). This operation consumed 40-68 MJ/ODt in Machine energy and the machine involved had virtually smooth rolls and a modern drive train. The sorghum mill crushed slash averaging 2.5 cm in diameter through a gap of 0.6 cm, achieving a similar rate of reduction as the TVA machine for close to the same energy cost. This suggests that a roll-crushing operation which reduces cross-section dimensions by a factor of 4 and uses smooth rolls can be expected to consume 40-60 MJ/ODt in Machine energy.

It was evident that roll-crushing resulted in a considerable reduction in loose piled volume. Although this aspect was not measured during the tests, we estimate that the volume was reduced by one half once roll-crushing had destroyed the branch structure.

The mean moisture content of the slash before processing was 102%. We had expected to squeeze measurable quantities of water out of the slash, but were unable to do so. Even when the roll surfaces were set less than 1 mm apart, no measurable amount of liquid dripped from the rolls. However, the roll surfaces, the bark and exposed wood surfaces, did become wet and slick. Since we had previously had such good success in removing water from roundwood using the TVA and roll-splitting methods, this result was rather surprising. It is probable that the amount of water removed by crushing action varies with the diameter of material. A large wood mass allows hydrostatic pressures to build up for a greater distance down the length of the material and therefore results in greater flow through exposed end grain, as well as an increase in free water content in the section of wood immediately preceding the section nipped between the rolls.

Although we did not succeed in collecting measureable amounts of water while crushing, we noted that during the 1-3 day delay between roll-crushing and baling, the average MC of the crushed slash dropped from 102% to 18% MC. The crushed slash had been piled in loose piles exposed to wind and sun, but not precipitation, for this period. Average afternoon temperatures ranged from 10 to 15° C and night temperatures -5 to 0° C with clear conditions prevailing throughout.

2.5 CONCLUSIONS

A machine with smooth-surfaced rolls which reduces cross-sectional dimensions by a factor of 4 can roll-crush slash using approximately 40-60 MJ/ODt of Machine energy.

Roll-crushing is an effective means of reducing the loose piled volume of slash. We estimate that a factor of 2 reduction in volume can be expected.

Roll-crushing increases the drying rate of slash by exposing end grain and longitudinal surface areas.

Roll-crushing of slash in the 0-4 cm diameter range does not directly dewater hardwood slash in the 100% MC range.

It is unlikely that the Machine energy requirements of roll-crushing slash can be reduced much below 40 MJ/ODt. The disproportion between roll diameter, tooth size, and maximum material dimensions precludes the use of splitting rolls with axe-like teeth as is possible with larger diameter material.

3.0 BALING ROLL-SPLIT AND CRUSHED WOOD

3.1 OBJECTIVES

The objectives of this test were the following:

to observe the effect of roll-splitting roundwood into a mass of long slivers on the subsequent operations of shearing and compacting;

to compare the bales formed after roll-splitting with those formed from whole trees not previously roll-split;

to determine the solid volume factor of the bales formed from this roll-split material; and

to observe the effect of roll-crushing slash (4 cm maximum diameter) through a 0.6 cm gap on the compacting characteristics of the material produced.

3.2 MACHINE DESCRIPTION

The baler selected was a prototype, trailer-mounted machine, built in 1979 as part of a United States Department of Energy program to investigate the recovery, processing and storage of biomass fuels. The machine is approximately 2.4 m wide, 7.3 m long, 2.1 m high and weighs 10,000 kg. It is powered by a 74 kw GMC 353 diesel engine driving a 190 litre/min hydraulic pump with an operating pressure range of up to 146 kg/cm^2, Walbridge and Stuart (1). Figure 3 shows photographs of the baler.

The baler combines both the shearing and compacting operations in a single stroke of its compacting platten. Material is fed into the machine through a rectangular opening (.81 m high x .91 m wide) on one side of the baler, into a .91 m-deep baling chamber. The platten is then pushed forward across this opening by a hydraulic cylinder 25 cm in diameter. A stationary shear at the far side of the opening trims any protruding material. The platten advances approximately 30 cm past the shear edge, compacting the material in the baling chamber. The surface of the platten is .91 m wide by .76 cm high and, with the compacting ram fully extended, the bale chamber measures 1.1 m in length.

FIGURE 3

THE HARVESTING RESIDUE BALER

Forming a bale is a cyclical operation, requiring between 4 and 10 shearing and compacting strokes to fill the chamber. The chamber is considered full when the platten cannot be fully extended against the packed material.

With this prototype machine, the bales are tied by hand. Before each bale is formed 3 strands of annealed, No. 10 steel wire are threaded through slots in the bottom and top of the chamber. Once the material has been fully compacted, the wires are passed up around it in grooves machined into the face of the

platten. The wires are then tied on top of the bale by hand, but are left loose, with about 3-4 cm slack between the bale surface and the wire. Once released from the bale chamber, the bale expands and tightens the wires; without the slack the wires would break. Steel strapping material has been tried as an alternative to wire, but it lacks sufficient resiliance to accommodate bale expansion and tends to break during handling.

Once the bale is tied, the bale chamber door is opened by a hydraulic latching device. The wires immediately tighten when the door is opened. The bale is then forced part way (20 cm) out of the chamber by the platten, and as a result of expansion.

As the next bale is formed, it pushes the first one out of the chamber and onto the ground. Once the bale has fallen out, new wires are threaded for the next bale, next to the chamber door; the door is then closed, locked and the compacting operation continues. Finished bales are removed from the area by a grapple and can be rolled along level surfaces by two or three men, despite their 300-600 kg weight.

3.3 TEST PROCEDURE

The roll-split material, which had been shipped in from the University of Massachussetts, was separated into piles by species: hemlock (Tsuga canadensis L. Carr.), spruce (Picea rubens Sarg.), white birch (Betula papyrifera Marsh), quaking aspen (Populus tremuloides Michx), red maple (Acer rubrum L.), red oak (Quercus rubra L.) and white pine (Pinus strobus). Moisture content samples were taken from the centre portions of the bundles during the baling operations. Specific gravity (SG) samples had previously been taken during the roll splitting tests. Both sets of data are summarized in Table 2.

TABLE 2

MOISTURE CONTENT AND SPECIFIC GRAVITY OF BALED WOOD

	Hemlock	Pine	Spruce	Aspen	Birch	Red Maple	Red Oak
Moisture Content (% Dry)	130	109	130	120	97	79	72
Specific Gravity	.43	.31	.38	.45	.54	.54	.58

The splinters were loaded into the bale chamber by hand and compacted and tied in the manner described above. The splinters were twice as long as the bale chamber was deep. When the first section of the splinters was sheared, the remaining half was placed in the chamber with the freshly sheared end protruding from the chamber opening. As these sections were sheared and packed, moisture content samples were taken from the 5-10 cm stubs that were chopped off. This method of taking moisture content samples minimized the effects of end drying which had occurred during the 3-1 month storage period between roll-splitting and baling. A quartering and section sampling technique was considered for taking MC samples but was not attempted because the amount of material available was limited. Consequently, the measures of dry weight densities and solid volume are lower than if MC samples had been taken from both the middle and end surfaces.

During the tests the platten pressure was set at two levels, 640 Kpa (91 psi) and 1000 Kpa (147 psi). Lower settings would have made it difficult to complete both shearing and compacting in a single stroke.

The roll-crushed slash described in Section 2 was also baled in the manner described above.

The baling complete, each bale was weighed and measured to determine bulk densities and solid volume factors. The quality of each bale (i.e., whether corners were square and surfaces tight) was noted. Because the sample processed was small, these subjective evaluations are considered as significant as the measured results.

3.4 TEST RESULTS

Table 3 summarizes the data recorded and the results calculated from them. In cases where bales were formed from a mix of species, the MC and SG of the bales had to be calculated. In these cases, a subjective estimate of the proportions of each species in the bale was made: after the bale had been formed, it was easy to distinguish different species by the end grain. (Figure 4 illustrates the different appearance of the various forms of baled residues.) On the basis of these proportions, a weighted average MC and SG was calculated from data in Table 2. Figure 4c illustrates the difference between bales formed from whole tree and roll-split material.

The most significant result of the test is the calculated solid volume factor of the bales. When the platten pressure was set at 640 Kpa (91 psi), this averaged 47.3% although in terms of quality, the bales were ranked no better than satisfactory. One even had 2 wires broken by rough handling. The solid volume factor of bales formed using a platten pressure of 1000 Kpa (147 psi) averaged 53%; these bales appeared to be superior in quality.

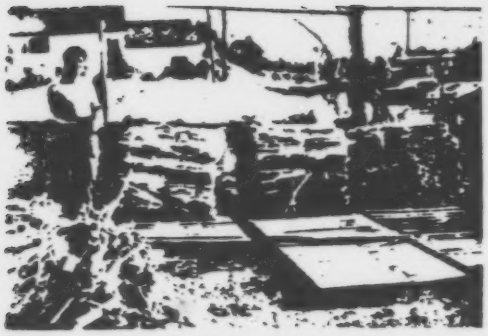
The average width of the bales, after expansion, was greater than that of the bale chamber: 1.48 and 1.43 metres for the bales compacted at 640 Kpa and 1000 Kpa respectively. As mentioned above, the expansion was a result of the slack

TABLE 3

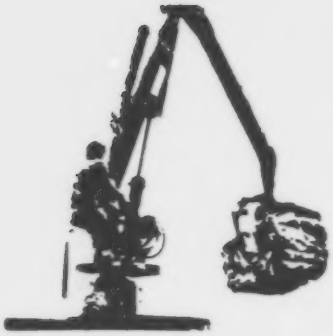
DATE: March 15, 1981

BALING ROLL-SPLIT WOOD
Data Summary

No.	Species Composition	Weight Green	Dimensions L	W	H	Volume	MC (Dry)	SG	Density Green	Density Dry	Solid Volume	Notes
	(%)	(kg)	(M)	(M)	(M)	(M^3)	(%)		(kg/m^3)	(kg/m^3)	(%)	
	CASE NO. 1: PLATTEN PRESSURE 640 Kpa (91 psi)											
1	Hemlock 100	565	.094	1.63	0.83	1.30	130	0.43	434	190	44	-One wire broke -Rounded shape -Poor bale
2	Spruce 50 Pine 50	413	0.92	1.44	0.84	1.12	120	0.34	369	170	50	-Satisfactory bale -Corners slightly rounded
3	Red Maple 100	479	0.93	1.37	0.83	1.06	79	0.53	452	252	48	-Satisfactory bale -Good corners
AVERAGE		485	0.93	1.48	0.84	1.16	110	0.43	418	204	47.0	
	CASE NO. 2: PLATTEN PRESSURE 1000 Kpa (147 psi)											
4	Red Oak 100	380	.91	1.36	0.84	1.04	72	0.58	337	323	56	-Tight surface -Square corners -Good bale
5	Oak - 40 Hem - 30 Pine - 30	343	0.94	1.39	0.84	1.04	113	0.43	322	245	57	-Satisfactory -Bale
6	Birch 50 Red Maple 50	372	0.94	1.50	0.86	1.21	97	0.34	>55	281	52	-Poor bale -One rounded corner
7	Aspen 100	343	0.94	1.39	0.81	1.06	120	0.43	312	232	52	-Excellent bale -Square corners -Very tight
8	Hemlock 50 Red Maple 50	370	0.93	1.49	0.84	1.16	104	0.48	491	240	50	-Satisfactory bale -Tight -Good corners
AVERAGE		361	0.93	1.43	0.84	1.1	101	0.50	327	264	53.4	
	CASE NO. 3: ROLL-CRUSHED SLASH: PLATTEN PRESSURE 1000 Kpa (147 psi)											
9	Roll crushed slash; Hardwood mix -Dogwood -Red Maple -Oak (Var) -Mostly "Hard" Hardwood	361	0.91	1.36	0.81	1.00	18	.50	361	311	62	-Excellent bale -Sharp corners -Very tight surfaces

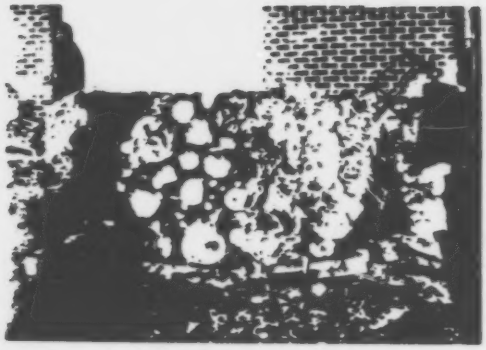


4a



4a

4b



4c

FIGURE 4

HARVESTING RESIDUE BALES

4a) Roll split wood

4b) Roll crushed slash

4c) Mixed whole trees and roll split wood

deliberately left in the banding wires. The length and height of the bales were also slightly greater than the chamber dimensions because of a slight misalignment of individual pieces within bales.

Of all the bales formed, only bale No. 1 had a solid volume factor greatly below 50% (see Table 3). In this case two of the three banding wires had broken and had to be retied outside the bale chamber.

As indicated earlier, the slash which had been crushed in the sorghum mill was also baled; there was only enough material to form one bale. This bale also had the highest solid volume factor of any bale formed, 62%.

3.5 DISCUSSION

It appeared as though the roll-split material was much more easily sheared than an equivalent cross section of whole tree bolts. This was not surprising; splinters lack the rigidity and bending strength that normally cause high friction forces on shear blade surfaces.

The bales formed from roll-split material appear to be much tighter than those formed from whole trees. The solid volume of these bales (47% and 53%) was, however, less than expected. The calculated solid volume is, however, the result of three rather conservative measurement techniques: (i) recording the maximum outside dimensions of bales; (ii) taking MC samples of the roll-split splinters from the centre portions alone; and, (iii) including data even from poorly formed bales that had broken wires. (On the latter point, we feel that properly formed bales of roll-split material could be expected to achieve 60% solid volume factors.) The solid volume values are therefore "worst case" results which might be realized in practical situations (e.g., on a loaded truck).

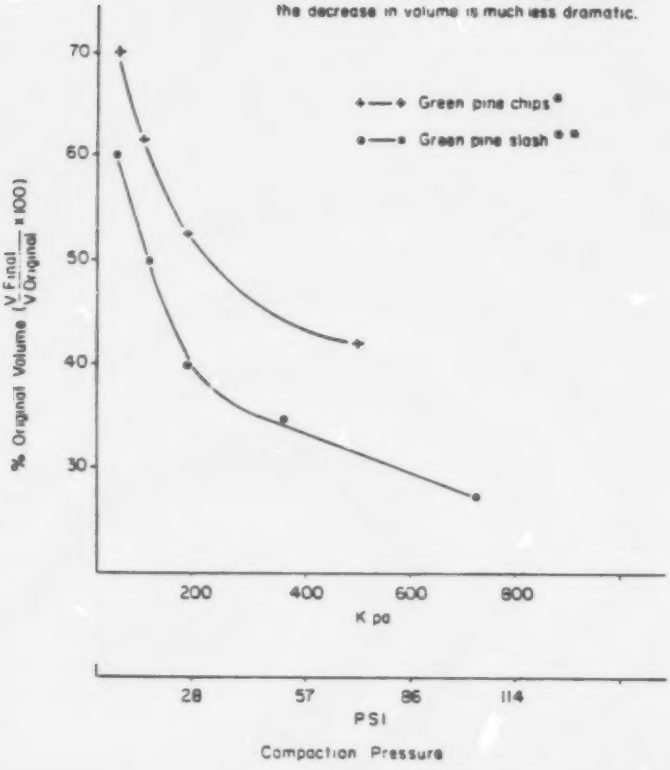
We also feel that the compaction pressures of 640 and 1000 Kpa used during the tests are excessive. These high pressures were necessary to facilitate the shearing operation. In other tests of slash and chip compaction 350 Kpa (50 psi) has been sufficient to maximize compaction. (See Hassan (2) Danielsson, Marks and Sall (3).) Figure 5 cites the results taken from these tests; it appears that little additional solid volume is gained when compaction pressures greater than 350 Kpa are used.

The solid volume factors resulting from compaction are higher than those achieved using whole tree chippers. Solid volume of loose-packed pulp chips, is normally 40-45%, although it may be slightly higher for blower-packed chips. The solid volume of chunkwood material with particle lengths roughly equal in all dimensions - such as that produced by the short log method, Morimasa (4) and by spiral head and involuted disc chippers, Arola (5) - can be expected to reach 50%.

FIGURE 5

VOLUME REDUCTION BY COMPACTION

To compact chips or slash, 350 Kpa appears to be a reasonable design limit. At higher pressures the decrease in volume is much less dramatic.



* Estimate based on graphical data Hassan(4)

** Estimate based on graphical data Danielsson(7)

3.6 CONCLUSIONS

The force required to sheer material which has been roll-split is less than that required to shear an equivalent cross section of solid roundwood.

Roll-split material is more resilient than solid roundwood. Since resilience prevents banding straps from loosening during handling, roll-split material may be a preferable baling stock.

It was not possible to determine whether roll-splitting prior to compaction increases the solid volume of bales beyond that resulting from simple shearing and compacting.

Because of its resilience, the roll-split material forms a bale that may develop slightly rounded corners.

In a fully developed process, the minimum solid volume factor (by truck load) that should be expected when transporting roll-split wood baled with 640 to 1000 Kpa pressures is 50%. A 60% solid volume factor is a reasonably average solid volume factor to expect.

Roll-crushed slash closely resembles hay when baled. The bales maintain their shape and sharp corners.

A roll-splitter could be operated as an effective device to infeed material to a residue baler. Its action would significantly improve the physical properties of the infeed material by increasing its uniformity and destroying its structural integrity.

4.0 RECOMMENDATIONS

Two programs should be implemented.

(1) A residue baler should be constructed using roll-crushing to pre-process and infeed material. The standard squared bales or the rolled bales should be considered. In the case of the rolled bales, the requirement for cutting is eliminated and is a reasonable approach to consider in view of the scale of input elements. This concept might be applied to energy plantation systems as an alternative to the concepts of chipping or billeting material into trailers towed behind a felling device.

(2) A large diameter (whole tree) residue roll-splitter and compaction unit should be prototyped. The roll-splitter should be hydraulically driven as a pre-processor and intermittent infeed device to a baling chamber. The system could employ a billeting operation either before or after the roll-splitting device. We suggest that the billeting occur after, particularly if a shearing device is used rather than a saw. The infeed system should employ a purely gravity or gravity-assisted infeed concept, a sloped conveyor (30° - 60° off horizontal).

REFERENCES TO

APPENDIX F

(1) Walbridge, T.A. Jr. and Stuart, W.B. 1980. An alternative to whole tree chipping for the recovery of logging residues. Paper presented at the International Forestry Energy Meeting JonKoping, Sweden. Contact Department of Forestry Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg Virginia.

(2) Hassan, A.E. 1976. Compaction of wood chips - energy cost. Paper presented at the American Society of Agricultural Engineers, winter meeting, Chicago, Illinois. Paper No. 76-1568.

(3) Danielsson, B.O., Marks, J., Sall, H.O., Compressing small trees and tree components. Department of Operational Efficiency, Royal College of Forestry, Garpenberg, Sweden. Report No. Nr 1977.

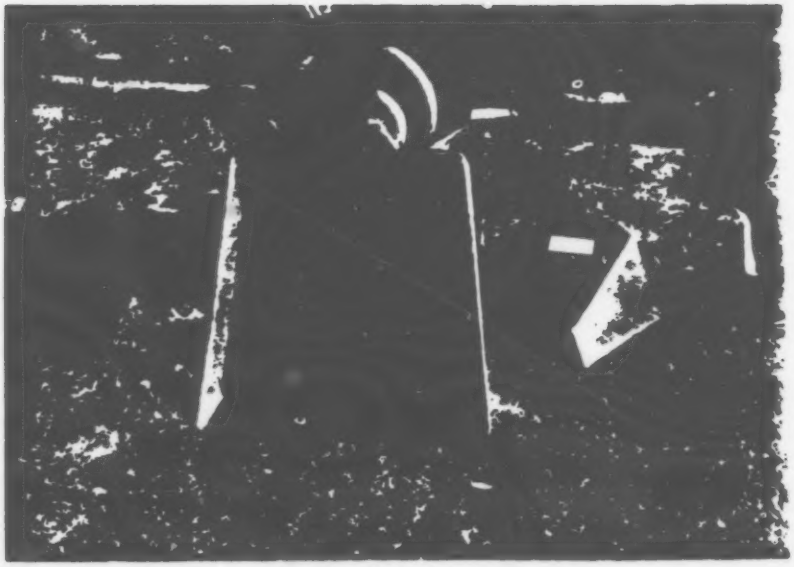
(4) Hanaya, M. Short Logs: An alternative to transporting whole logs and chips. Toyo Pulp Co. Ltd. Kure City Japan. Date and place of paper presentation unknown.

(5) Arola, R.A., Radcliffe, R.C., Winsauer, S.A., Matson, E.D. 1980. Production of Chunkwood with an Involuted Disc Chipper. Manuscript submitted to North Central Forest Experiment Station Haughton, Michigan, as NCFES Research Paper.

(6) Gasslander, J.E., Mattson, J.E., Sundberg, U. 1979. A pilot study on the energy requirements in forest logging. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden. Report No. 127.

FIGURE 8

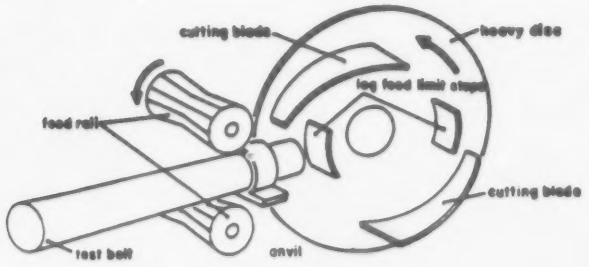
The spiral chipper is available as a production model. The Koppo, seen here, is manufactured in Finland.



A further development in chunkwood processors which demonstrates the expected low energy requirement to produce large chips, is the involuted disc chipper, Arola, Radcliffe, Winsauer and Matson (16), which has been prototyped at the U.S. Forest Services' North Central Forest Experimental Station, in Houghton, Michigan. This chipper produces nominal 6.5 cm long particles from material up to 10 cm in diameter. Figure 9 illustrates the comminution concept which uses two guillotine type blades mounted at right angles to a rotating disc. The curved blades describe an incomplete spiral involuted into the centre of the disc. The Machine energy of the first prototype ranged from 3.9 MJ/ODt to 5.2 MJ/ODt for Aspen (SG = .38) and Sugar Maple (SG = .57) repectively. The maximum-sized hockey puck-type particles produced by the machine have an average loose packed solid content of 50%, which is significantly greater than the 40% usual for loose packed pulp chips.

FIGURE 9
INVOLUTED DISC CHIPPER

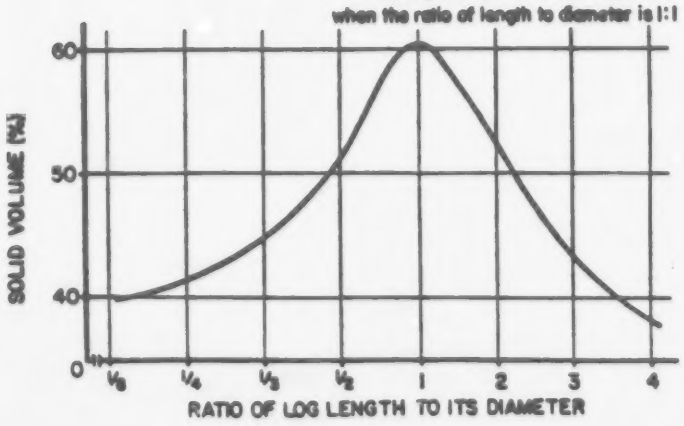
The prototype involuted disc chipper produces 6.5 cm long chips from material up to 10 cm in diameter. Its machine energy requirement is 5.2 MJ / ODT to process sugar maple.



The greater bulk density of these particles probably arises from their relative symmetry: the length to diameter ratio is much closer to unity than the usual 4 to 1 length to thickness or width ratio of standard pulp chips. Similar high bulk densities have been achieved using the Short Log concept in Japan, Hanaya (17), for barge shipping of logs. Figure 10 shows the loose packed bulk density factors

FIGURE 10
SOLID VOLUME FACTOR VS. PARTICLE SHAPE

The highest bulk density is acheived when the ratio of length to diameter is 1:1



measured for various ratios of log length to diameter using the Short Log system. Presumably the advantage measured for the involuted disc chipper would be partially lost if the diameter of the chipped material was increased without a proportionate increase in length.

At present, a larger, 3-bladed, second generation involute disc chipper is being constructed which should be capable of chipping material up to 23 cm in diameter. A further development would see the addition of a second disc with matching blades facing the first, enabling the machine to chip logs up to 30 cm in diameter.

Extrapolation of the energy requirements measured to produce particles using a disc chipper, Papworth and Erickson (3), indicates an energy level of 6.1 MJ/ODt to produce 6.5 cm long maple chips, which is in close agreement with that measured for the involuted disc chipper. This clearly indicates that, at least in the smaller diameter ranges, it is possible to extend chipper technology to save energy through the production of larger particles.

3.3 Shearing

Shearing and chipping of wood are, of course, very similar actions, however shearing is essentially a worst case chipping action where the tool speed is slow and the particles formed are so long that they do not split off and form chips.

The maximum forces per cm of blade width needed to shear different species under a variety of blade, anvil and temperature conditions have been measured by Arola (12). Using these data, the average Machine energy to shear 7 cm long sugar maple particles can be calculated to be 18.6 MJ/ODt, considerably lower than the 34.8 MJ/ODt measured for the spiral-head chipper to produce the same chips, Erickson (7). (This calculation was made using the data which applied to a 1.2 cm thick shear blade.) This substantiates the fact that the high machine energies of the prototype spiral-head chipper were indeed due to high friction and blade imperfections. A well-developed spiral-head chipper would probably have a Machine energy requirement roughly equivalent to the value extrapolated for standard disc chippers of roughly 6 MJ/ODt and as measured for the involuted disc chipper to produce 6.5 cm long sugar maple particles.

Extrapolating the chipping Machine energies perpendicular to the grain measured by Papworth Erickson (3) suggests an energy requirement of 6 MJ/ODt. Given the great difference on tool speeds and profiles, it is not surprising that shearing is estimated to require roughly 3 times the energy needed to chip similar size particles. The comparison has been made only to point out what should reasonably be expected for a worst case chipping Machine energy requirement.

3.4 Hammermills

Hammermills, wood hogs, punch and die hogs and a large variety of other pieces of equipment are traditionally employed to process waste from barking drums and saw mills. They employ either swinging or fixed tools to shread, tear and break the material apart against fixed anvils. The tools or hammers are available in all manner of shapes and sizes. In general, these machines are used as secondary processors to further reduce short chunks (typically less than 200 cm in length) fed to them by a gravity infeed system. Comminuting slash,

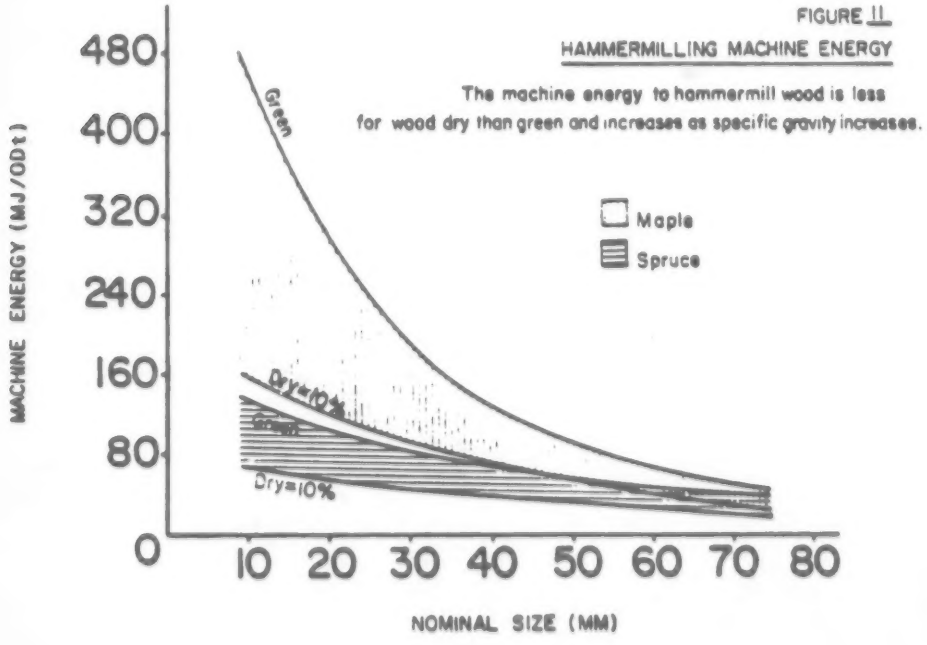
bulky branches and larger diameter pieces usually requires powered rollers to both assist and limit infeed to prevent the machines from "bogging" out. An excellent review of these machines has been made by the U.S. Forest Service, USDA (25).

The variety of applications, tool profiles and materials processed by this type of machine is so great that it is unreasonable to do anything but generalize about energy requirements. Consequently, the Machine energy requirements for hammermills illustrated in Figure 11 derived from data supplied by industry representatives, Gruendler (6), are considered to be representative of most machines. What should be of note from Figure 11 is the definite reversal of the situation noted earlier in Section 3.1, where chipping Machine energy requirements increased as the moisture content decreased. For these impact machines the Machine energy required to process material dried to 10% MC is roughly 1/2 that needed to process it green. As with chipping, the Machine energy decreases as the specific gravity of the material decreases.

FIGURE 11

HAMMERMILLING MACHINE ENERGY

The machine energy to hammermill wood is less for wood dry than green and increases as specific gravity increases.



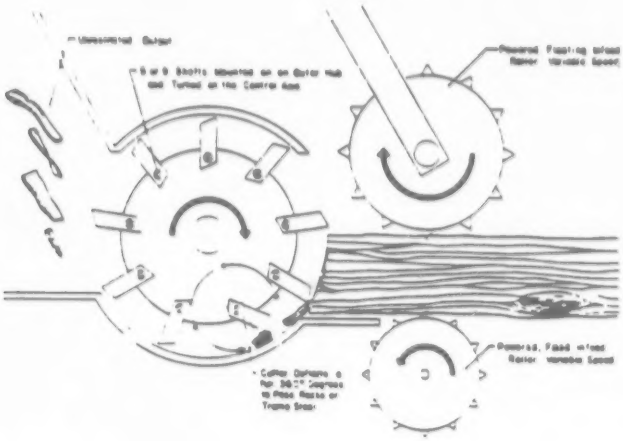
One impact machine, the Fling Solid Waste Demolisher (SWD), bears brief mention since it has been used in the past to process harvesting residue, Blackman (13), and its Machine energy requirements have been measured, Jones (24), as part of this project. The SWD processing concept is illustrated in Figure 12. It is essentially a hammermill without a sizing grate. Its Machine energy requirement to process green weak wood such as Aspen and Cedar into a 5 cm minus mulch is 160 MJ/ODt.

Three things make the SWD rather unique among impact machines. Its hammers are able to rotate a full 360° about their pivot point (most swing hammers rotate

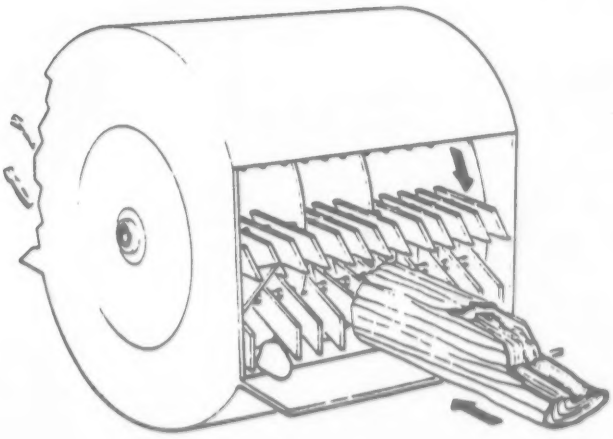
less than 180°), the output is not restricted by sizing grates, and the horizontal infeed is operator-controlled by variable-speed powered infeed rolls which both limit and assist infeed.

FIGURE 12
FLING SOLID WASTE DEMOLISHER (SWD)

The SWD has no sizing grate. Its hammers are able to rotate 360° and it has a horizontal, controlled infeed. It has been used to process logging residues and is able to pass large rocks and steel objects without sustaining any damage.



A

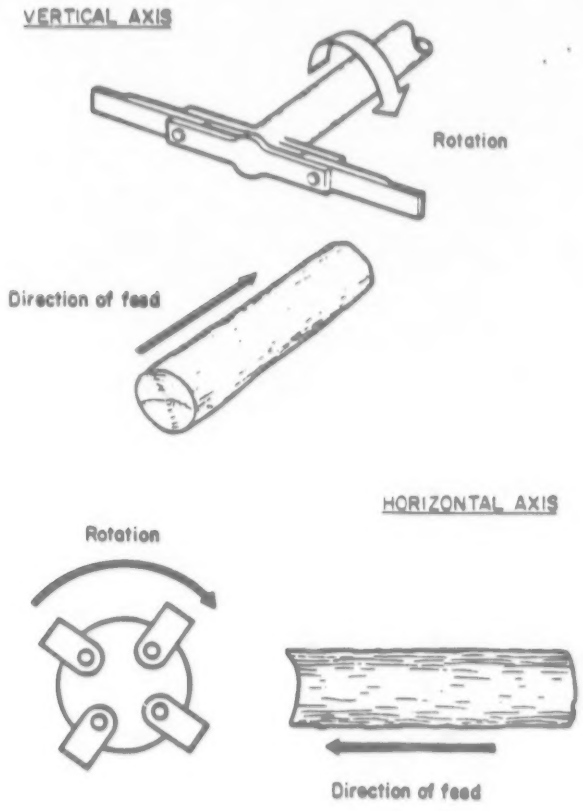


B

3.5 Slash Cutters

Slash cutting machines, such as the horizontal and vertical axis types illustrated in Figure 13, are used in land clearing and site preparation operations to reduce fallen and standing timber to a mulch. Though the mulch is usually scattered on site and its size is extremely varied, it is conceivable that this mulch could be recovered or the mechanism used as a stationary processor.

FIGURE 13
VERTICAL AND HORIZONTAL AXIS SLASH CUTTERS



Slash cutters are really only impact machines without any housing to restrict their distribution of processed material or anvils against which the material is worked. They are one of the few types of impact machines whose energy requirements have been documented.

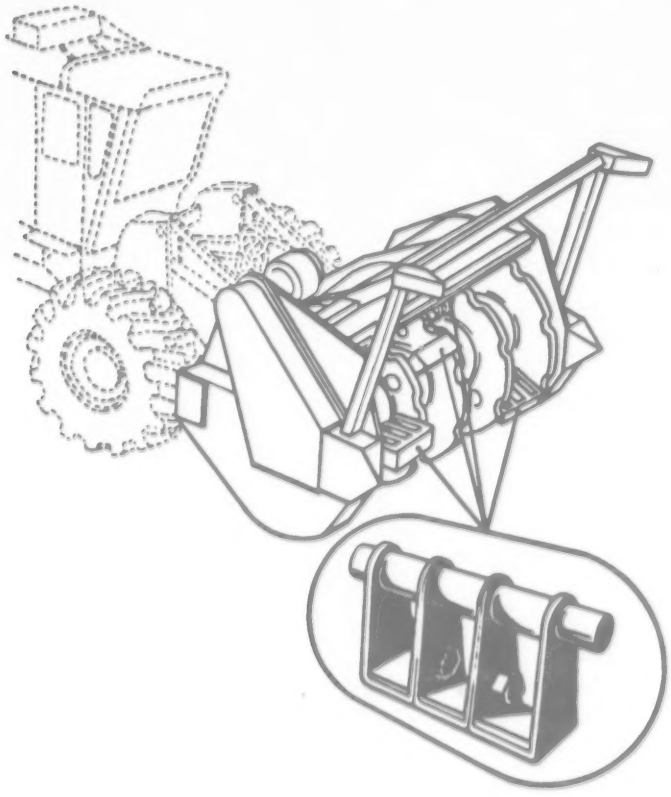
The energy requirements of both horizontal and vertical axis slash cutters were measured in tests carried out by Lambert (8). Their tests determined the shaft energies required to process dried 10 cm x 10 cm Douglas Fir and green Lodgepole pine up to 15 cm in diameter at a variety of infeed speeds and cutter

rpms. Assuming each set of conditions represents a nominal particle size produced by the machine, the horizontal axis machine is more efficient than the vertical axis machine requiring 12.5 MJ/ODt to process .5 cm nominal size particles, while the vertical axis machine used almost that same amount, 13.6 MJ/ODt, to process 1.2 cm nominal size particles. The nominal size was calculated from the infeed speed used, the number of blades, and the processor shaft rpm, and equals the distance the work piece would advance for each pass of a blade. The nominal size assigned is arbitrary since the maximum size of materials produced is somewhat larger, though not described in detail in the literature.

Using the results of the work reported by Lambert (8), the U.S. Forest Service developed and tested a prototype energy-efficient, horizontal axis slash cutter, the San Demas Equipment Development Centre (SDEDC) Stirrup Hog, illustrated in Figure 14. The Machine energy calculated for this machine is 5.1 MJ/ODt with a nominal product size of 2.7 cm. The upper limit of particle length actually produced was roughly 15 cm when processing 15 cm diameter lodge pole pine, Commack and Lambert (11).

FIGURE 14
STIRRUP HOG

The SDEDC Stirrup Hog was developed as an energy efficient slash cutter.



The Machine energies of the vertical and horizontal axis cutters and the SDEDC cutter are compared in Table 4. These figures apply to large, solid bolts of wood. The energy requirements to process green limbed material would be considerably higher due to the difficulty of holding smaller pieces in place during comminution.

TABLE 4

Slash Cutter Machine Energy
Horizontal and Vertical Axis Machines

Type	Nominal Particle Size* (cm)	Machine Energy (MJ/ODt)
Vertical	1.2	13.6
	1.6	7.2
Horizontal	.25	16.5
	.50	10.7
SDEDC	2.15	5.1

* Nominal size refers to the distance the work piece advances between each pass of the cutting tool. In general it is comparable to 15 cm minus material.

3.6 Crushers

Crushing machines are available in a wide variety of shapes and sizes. The principle types - jaw, gyrator and roll are illustrated in Figure 15. The jaw crusher, as its name suggests, consists of two plates at an acute angle which open and close like an animal's jaws. At least one plate is pivoted so that it swings relative to the other. Materials are alternately nipped and allowed to fall further into the mill, finally exiting at the bottom. Gyrator (cone) crushers resemble jaw crushers in principle. A solid central cone rotates eccentrically within a stationary sleeve so that material is alternately compressed and released, eventually exiting at the bottom of the mill. Roll crushers can be single or double roll machines and the principle of operation is obvious. They differ from jaw or gyrator crushers in that they nip the material between moving surfaces not relying so much on the kinetic energy of a massive hammer to accomplish breaking.

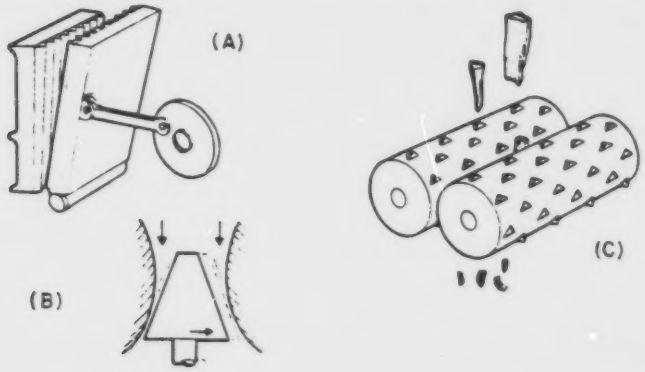
The basic properties of these three machines when applied to the breaking of brittle material are compared in Table 5. In a very rough sense, these characteristics can be extended to include biomass. In the context of saving energy, the roll crusher has an advantage and is more flexible in terms of the types of material it can process. The energy advantage of the roll crusher comes

from the fact that it is a balanced rotating load. Unbalanced loads such as jaw crushers and even hammermills must use a large portion of the available energy simply to accelerate the imbalance.

FIGURE 15

JAW GYRATOR AND ROLL CRUSHERS

The three principle types of crushers,(A) Jaw, (B) Gyrator or Cone and,(C) Roll, are not commonly used to process material such as wood However their durability makes them viable alternatives to chippers, and impact machines when large particle sizes are needed.



Whatever the advantages between the types of crushers, they are at present seldom applied to comminuting biomass. They are simply not well suited to the processing of resilient, plastic materials such as wood. Jaw and gyrator crushers, in particular, are limited in as much as they are disposed to bridging spongy material and are not suited to feeding by any other means than drop feeding from a hopper. They were developed to comminute brittle materials which required the application of very large forces through a very short distance. In a relative sense, wood is plastic and requires only small forces through very large distances. Consequently, to properly apply these very robust machines their mode of operation must be altered to reflect this different requirement.

Jaw and gyrator crushers would have to be altered to greatly increase the eccentricity of their moving parts. The gap between the roll(s) of a roll crusher would have to adjust to accept a highly variable feed stock, something they are not usually suited to doing, at least not rapidly.

Relative to the mechanical properties of wood, roll crushers have a particular advantage over jaw and gyrator crushers. Material can be fed to them in a controlled manner, letting them concentrate only on splitting it parallel to the grain. Jaw and gyrator crushers are most suited to a hopper type infeed making it difficult to control the grain orientation to concentrate on splitting or cleaving parallel to the grain.

A roll crusher (Splitting Rolls) such as the concept illustrated in Figure 16 could be used to produce long sliver-like particles by splitting or cleaving material fed to it in a manner similar to a chipper. In this case the machine concept would be even simpler than a chipper since the infeed rolls would also function as the

TABLE 5*

Comparison of Jaw, Gyrator and Roll Crushers
(based upon the same feed and size of product)

Per Unit Quantity of Product	JAW	GYRATOR	ROLL
Capital & Installation Cost	-	Lowest	Highest
Weight	Heaviest	-	Lightest
Energy Consumption	Highest	-	Lowest: balanced mechanism Low starting toq
Idling load; % of Total	45	30	30
Robustness	-	-	Most robust
Type of material processed	Disposition to bridging when processing sticky or spongy material		Anything: Shape can be accommo t by roll surface
Feeding	Hopper: Random	Hopper: Random	Hopper or Horizo a Controlled Orientation
Wear & Maintenance	Retains adjustment when worn. Requires crane with two way travel	Highest	Lowest and easiest to maintain; i.e. resurface in situ.

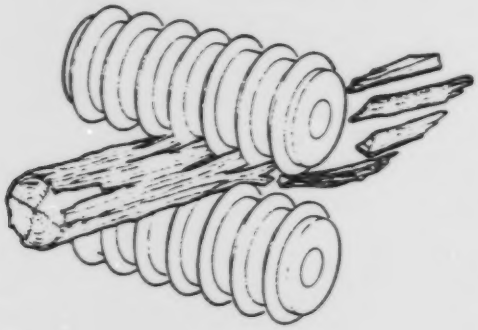
* Source: Lowrison (23)

processing elements. Though the product would be very irregular in comparison to a chipper, its quality and fuel value can only be evaluated on an individual basis.

FIGURE 16

SPLITTING ROLLS

Roll crushers with very aggressive teeth could be used to split wood parallel to the grain.



Despite their limitations crushers do have one very desirable characteristic. They are, by most standards, immune to damage by tramp steel and rocks. Devices such as torque limiters on flywheels, riveted toggle pins and hydraulic or spring relief systems limit pressures to prevent damage. As well, their working elements can usually be welded in situ and do not require special heat treating or machining.

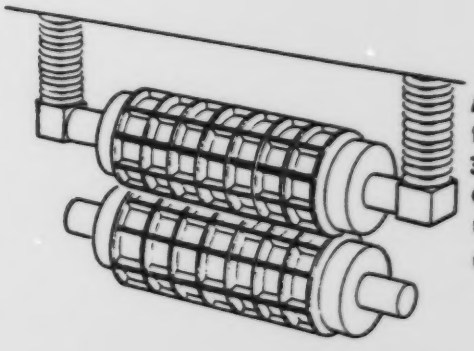
Russian Roll Crusher

While the application of crushers as biomass processors are not common there are isolated examples. In Russia, a double roll crusher driven by a 75 kw electric motor has been used to process limbs and tops up to 30 cm in diameter, Smerdov and Sotonin (9). The rolls are covered by a cross hatch pattern of ribbed teeth roughly 7.5 cm in depth, Figure 17. Roll diameter to the outside of the teeth is 60 cm. The productivity of this machine was measured as 93 m^3/hr (loose volume) and is assumed to be equivalent to 7.5 ODt/hr. Even assuming a

FIGURE 17

RUSSIAN ROLL CRUSHER

A roll crusher has been used to process branches up to 30 cm in diameter into 20 cm or less chunks. It is a 75 Kw machine; productivity is estimated at 7.5 O.D.T. per hour.

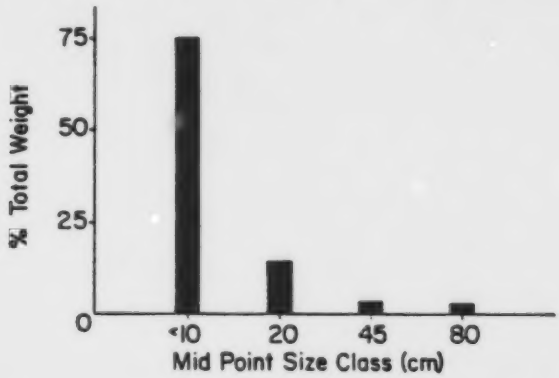


100% load factor, this represents no more than 18 MJ/ODt as its Machine energy requirement. The load factor is probably far less. The size distribution of its product is shown in Figure 18, 75% of it is less than 20 cm in length.

FIGURE 18

SIZE DISTRIBUTION: RUSSIAN ROLL CRUSHER

Output size distribution of branches up to 30cm in diameter processed by a double roll crusher; 75% of the product is less than 20cm in length.



3.7 TVA Fiberizer

Another type of crusher which has been experimented with in North America is a TVA Fiberizer, Harvey (10) (Figure 19). Originally intended to produce material for use in composite board structures, the TVA Fiberizer may be useful as a primary processor. The machine can crush 20 cm diameter green or dry oak bolts, using two powered crushing rolls 25 cm in diameter. The bottom roll is a fixed position, constant speed roller with .5 cm long teeth to assist infeeding. The top roll, with opposing buttress threads machined into its surface which are 1.2 cm in depth and 5 cm in pitch, can be moved vertically by means of hydraulic cylinders to accommodate bolts of wood up to 20 cm in diameter. The same hydraulic cylinders apply a crushing force of up to 42,000 kg, which is usually sufficient to reduce a 15 cm diameter oak bolt to a 3 cm thick mat of large

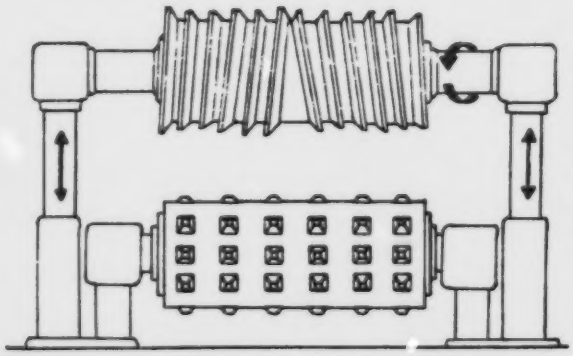


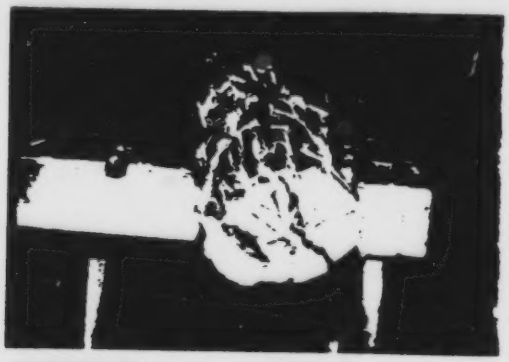
FIGURE 19
THE T.V.A. FIBERIZER
The T.V.A. Fiberizer uses opposing buttress threads to split ,cleave and tear wood apart while applying a crushing force of roughly 42,000 Kg.

slivers in three passes through the machine. Figure 20 shows the results of passing a green, 15 cm diameter oak bolt through the Fiberizer.

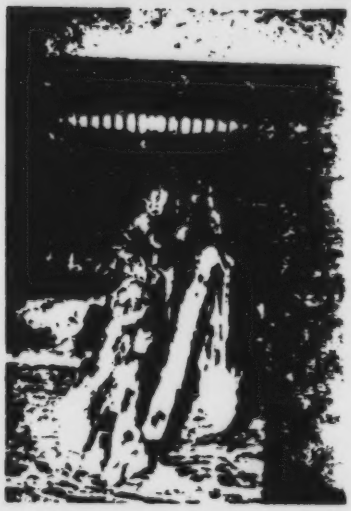
FIGURE 20

PRODUCT OF THE T.V.A. FIBERIZER

A green 20 cm diameter red oak bolt after 2 and 3 passes through the T.V.A. Fiberizer.



2 Passes



3 Passes

In addition to being able to move vertically to accept various diameter logs, the speed of the top roll can be varied from one to four times that of the bottom roll. The buttress threads cleave the wood apart as the top roll slips on the upper surface. The design concept works, but the threads are only functional when the material has been reduced to a mat of small slivers typically less than 5 cm in cross-section. Round bolts of solid material are relatively unaffected.

The gross rated electricity requirement of the present prototype is 33 kw. Assuming it takes three passes to process a 15 cm oak bolt (specific gravity = .56) at its present infeed rate of 7 metres per minute, its hourly productivity rate would be roughly 1.5 ODt/hr. Assuming a 100% load factor, this would represent a Machine energy level of roughly 79 MJ/ODt.

Besides splitting wood, the TVA Fiberizer is able to reduce significantly the moisture content of green wood. In an isolated test it managed, along with splintering it, to reduce the moisture content of black oak from 85% to 75% after three passes through the prototype, Harvey (10). A reduction of the moisture content of woody material by one percent represents roughly a 28 MJ reduction in the energy needed to evapourate the water in one oven dry tonne of wood. Whether this reduction in the moisture content is realized as a net increase in energy recovered by a conversion process will of course be specific to that process.

The energy requirements of the TVA have subsequently been measured as part of this project Jones (26).

"PP" Chipper

In another application of a crush and cleave mechanism, a machine called a "PP" Chipper was developed in France in the 1960's to prepare cold soda pulp stock from small diameter (10 cm) hardwoods, Atack and Lefebvre (21). The machine concept shown in Figure 21, involves feeding 60 cm long bolts parallel to axially ribbed crushing rolls to produce rough "chips" 8-13 cm in length, matchstick in cross section. These "PP" chips were baled using a regular hay baler and then transported from roadside to mill for storage and direct processing into pulp.

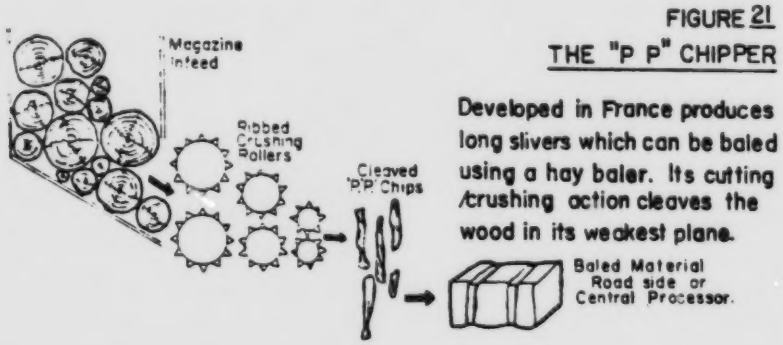


FIGURE 21
THE "P P" CHIPPER

Developed in France produces long slivers which can be baled using a hay baler. Its cutting /crushing action cleaves the wood in its weakest plane.

The documentation describing the "PP" chipper is not specific to the interests of energy conservation and efforts to determine the process's present status have been unsuccessful. However, it does demonstrate that crushing and cleaving can be used with some success to comminute and/or preprocess material for baling. As usual the energy requirements for the machine are not available though the machine was portable and powered by a farm tractor. As with the TVA Fiberizer, considerable quantities of water are claimed to be removed during processing.

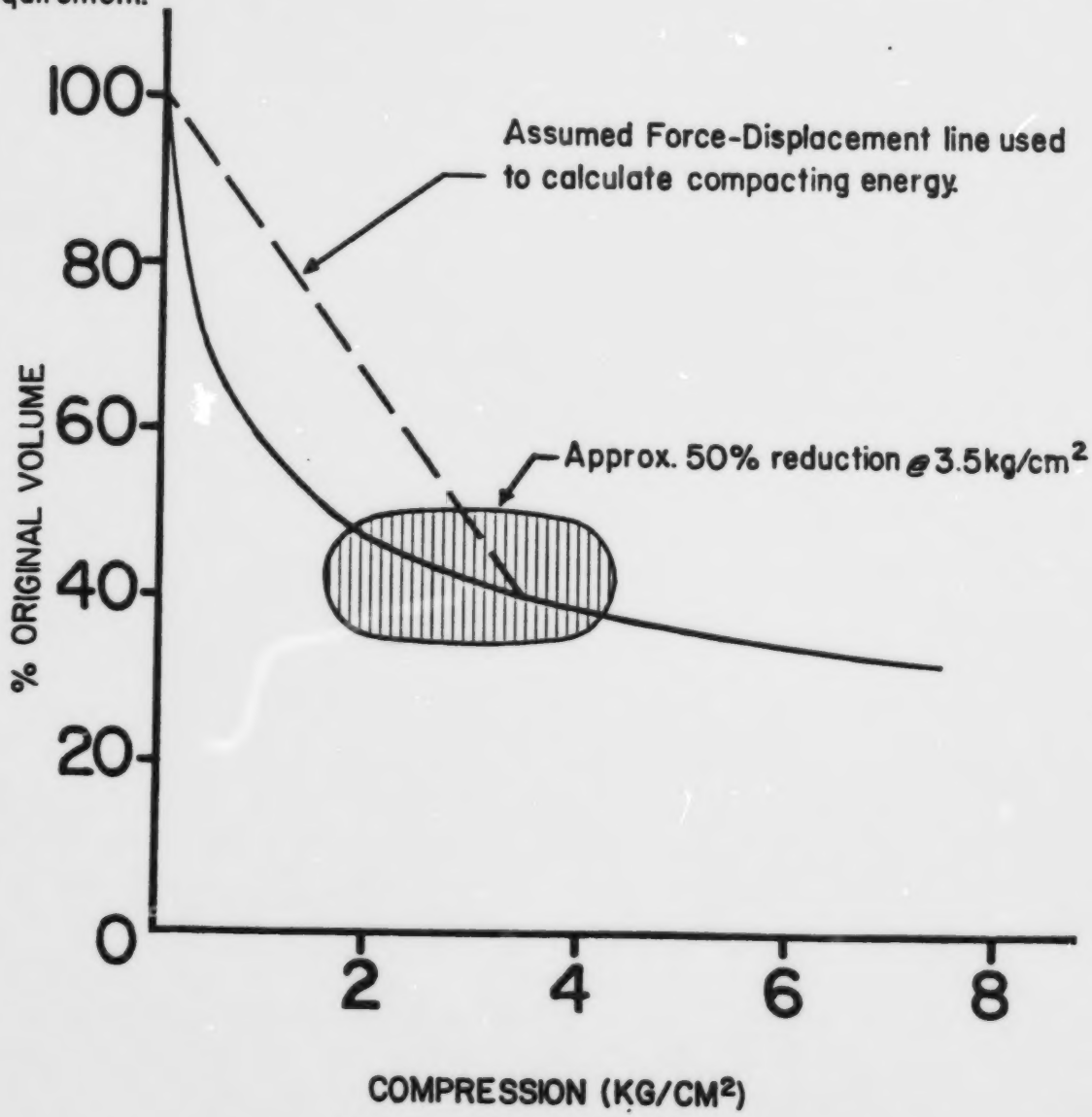
3.8 Baling

Baling is probably the one method of comminution (or perhaps not comminuting) material which offers the greatest promise for reducing the energy requirements of fuel preparation. Pilot projects are under way at Virginia Polytechnical Institute (V.P.I.) in Blacksburg, Virginia (Walbridge and Stuart (15)) and others in Sweden and Finland (Danielsson et. al (14)). Figure 22 shows the VPI Baler and its product.

FIGURE 22

BALING COMPACTION FORCES

Pine branch and slash bulk densities can be increased by a factor of 2 by a 3.5 kg/cm compression force. The Machine energy to compact this material is I.I MJ/ODt of softwood slash. To shear it into I.I M long bales requires .97 MJ/ODt. See Appendix C. For calculation purposes the compaction pressures were assumed to increase linearly with ram displacement which they do not. This yields a conservative compaction energy requirement.



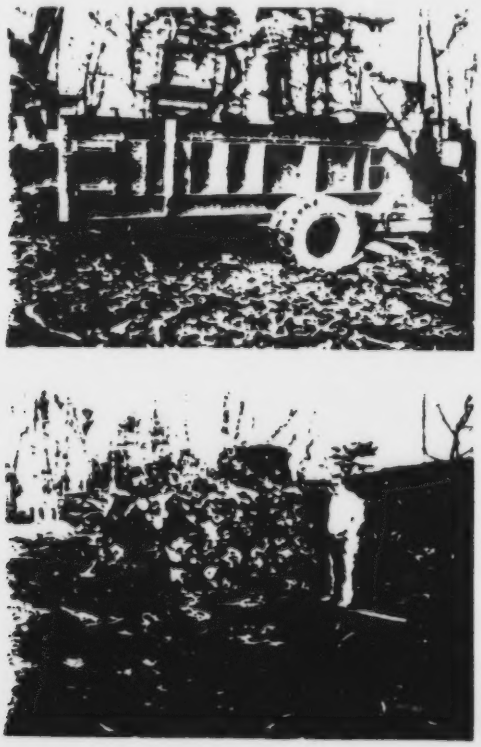
At this time no measurements are known to have been made of the machine energy required to form bales of any size. Compression forces, though, have been measured for a variety of slash types and have indicated that a pressure of roughly 3.5 kg/cm^2 (50 psi) is needed to increase the bulk density of loose slash by a factor of 2. For softwood slash this would increase bulk density from roughly .080 ODt/m^3 to .160 ODt/m^3 the same as loose packed pulpwood chips at 40% solid volume. Using forces of as high as 7.0 kg/cm^2 (100 psi) will raise the bulk density of slash and thinnings up to .320 ODt/m^3, Danielsson et. al (14).

These forces, however, do not indicate the energy used in accomplishing the work. To calculate the energy required to compact material the plot of the force-displacement curve must be known. Using the figures from Danielsson et. al (14) for green softwood slash, the Machine energy to compact an oven dry ton of green softwood slash can be calculated to be 1.4 MJ/ODt. This, of course, is highly variable since orientation of the branches and friction forces on the baling chamber will greatly affect the energy required to compact material. In this case it is probably a high estimate since for the purpose of this rough calculation the compaction forces were assumed to increase linearly with the travel of the compacting ram, which they do not (see Figure 23). Calculations are given in Appendix C.

FIGURE 23

THE V.P.I. BALER

The prototype V.P.I. baler produces bales measuring .8 m x .9 m x 1.1 m long weighing from .30 - .47 ODt/m^3 for green or dry hardwood longing slash.



Besides compacting, baling often requires that the material be sheared to a standard length prior to banding. This is the approach used in the VPI baling experiments. Using Arola's (12) shearing data, a theoretical Machine energy to shear spruce into .91 m long bolts prior to banding can be calculated to be 1.4 MJ/ODt. Calculations are given in Appendix C. A length of .91 m corresponds to the standard length of the bales formed by the VPI baler.

Combining these compression and shearing energies indicates that the Machine energy to bale spruce slash into .91 m long bales with a bulk density of 160 ODt/m^3 is:

Shearing Machine Energy	1.4 MJ/ODt
Compacting Machine Energy	1.1 MJ/ODt
Baling Machine Energy	2.5 MJ/ODt

The above calculation is obviously very rough, and only an indication of the order of magnitude of the Machine energy of baling. In this case it is much less than the 10 MJ/ODt Machine energy measured to produce 2.5 cm long spruce pulp chips, Erickson (5), and must be considered in the context of its potential location and effect on succeeding comminution operations.

Baling also provides an opportunity to reduce comminution energy requirements since it would allow a uniform work force to be presented to a tool. The importance of this cannot be overstated since by measurements made under this project and calculations from other studies, Gasslander et. al (1), in most applications at least 50% of the direct energy consumption by comminution occurs between the Machine and Cycle energy levels due to the low load factors applied to the machines. In isolated short term tests the productivity of chippers has been raised by an order of magnitude through the chipping of baled rather than loose residues, Danielsson et. al (14). Though these are the result of only very short term tests they indicate that the potential magnitude of energy savings is considerable. A doubling of energy efficiency would probably be reasonable were baling combined with comminution by a magazine-fed chipper or punch and die hog whose infeed could be controlled.

A more interesting possibility than chipping bales is burning whole bales or simply breaking them apart with a bale buster and feeding them into the conversion unit. Energy conversion units capable of gasifying whole bales have already been developed. In Nova Scotia a gasifier used to dry crops employs a double air-lock door system to infeed 2 m diameter roll bales. This simple infeed system could be adopted for use with any size bale and any conversion technology.

The preoccupation with comminuting material before conversion must be seriously challenged in the future. If surface area is all that is required for combustion then smaller biomass elements such as twigs and slash are the premier fuel elements. Of course, the notion of burning whole bales of slash immediately brings to mind a host of problems such as variable residence time or moving grates and the problem of "swinging" loads using large infeed elements. These, however, are not insurmountable. If any generality can be stated with regards to biomass energy it surely must be <u>that anything can be made to burn</u>. This applies to bales as much as it does to chips or sawdust.

As an example we have compared the Machine energy requirements to bale pine slash at roadside and then chip it at a central mill with that of chipping the material at roadside. In both cases the roadside units are powered by diesel engines operating at 30% conversion efficiency. The chipper at the mill is electrically driven at 85% conversion efficiency, and the material is chipped green, into 2.5 cm long chips using a regular disc chipper.

Case 1: Bale & Chip

Baling Electric Machine Energy = 2.5 MJ/ODt
(From Appendix C)

Baling Diesel Machine Energy =

$$\frac{2.5 \times \text{Elec. Engine Eff.}}{\text{Diesel Engine Eff.}} =$$

$$\frac{2.5 \times .85}{.30} = 7 \text{ MJ/ODt}$$

Chipping Electric Machine Energy = 10 MJ/ODt
(Figure 6 Section 3.1)

Machine Energy to Bale & Chip = 17 MJ/ODt

Case 2: Chipping at Roadside

Electric Machine energy to Chip = 10 MJ/ODt

Diesel Machine Energy to Chip =

$$\frac{10 \times .85}{.30} = 28 \text{ MJ/ODt}$$

These simple calculations indicate that 17 MJ/ODt would be needed to bale and chip material while 28 MJ/ODt would be needed to chip it at roadside. Even more significant is that the baling operation would consume only 7 MJ/ODt as non-renewable fossil fuels and roadside chipping consumes 28 MJ/ODt.

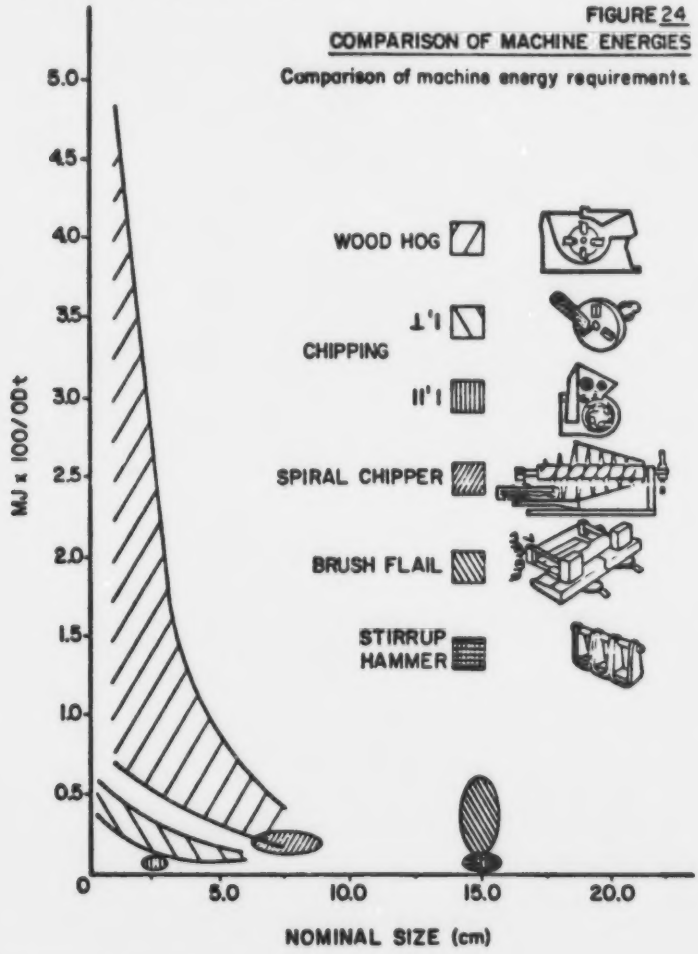
Obviously such calculations are not precise but they do indicate the relative energy savings that might reasonably be expected. The Machine energy for chipping is reliable but baling Machine energy is admittedly questionable, even though it was derived using measured results of the independent actions of compaction and shearing. As in most cases data are simply not yet available to do other than make theoretical calculations regarding baling Machine energies,

and even if they were, they would at this point be based on prototype applications while the figures used for chipping are based on well developed state-of-the-art technology.

If the baled material were not chipped but instead fed directly to an energy conversion processor, the energy savings would be even more significant.

This type of theorizing obviously ignores materials handling and transportation problems. But, without defining a specific application in great detail, comparisons combining the energy requirements of both transportation and comminution operations are meaningless. The number of possible combinations of harvesting situations, material and equipment is so great that any example becomes an exception rather than a generality.

FIGURE 24
COMPARISON OF MACHINE ENERGIES
Comparison of machine energy requirements.



3.9 Comparison of Machine Energy Requirements

The Machine energy requirements of a number of the machines reviewed in Sections 3.1 - 3.7 are compared in Figure 24. Although they differ considerably in their energy requirements, each produces a distinct product that may be

suited to a particular conversion process. Figure 24 essentially compares the two classes of comminution equipment most commonly available as residue processors: those with sharp blades such as chippers, and impact machines with relatively blunt tools, such as hammermills. From this general comparison we can see the high Machine energy cost of producing particles less than 7-15 cm in length using anything other than a chipper. However, if our concept of an acceptable fuel particle size is expanded from the usual to maximum dimension limit of 7.5 cm, Levelton (20), to include those as large as 15 cm in length, rugged low maintenance machines such as slash cutters could be used to process fuel at almost the same energy cost as chippers. In addition, the ragged frayed surfaces produced by these impact machines often represents a more acceptable fuel than relatively smooth chips.

Machines such as crushers and balers have not been included in Figure 24 simply because reliable data are not yet available to describe their Machine energy requirements. As well, the nature of their product in no way resembles that of a conventional processor (Figures 20 and 23), making a comparison of energy requirements rather meaningless.

4.0 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

4.1 Conclusions

The concept of considering distinct Physical, Machine, Cycle and Operational energy levels as per Section 1.2 is a convenient and logical method for comparing energy requirements of different processors. This system minimizes the confusion which normally results when attempting to compare energy requirements measured under different study conditions. The development and application of such a system is a natural step in the growth of a biomass energy industry attempting to account for its energy expenditures.

The Physical energy level concept provides a basis for comparing the useful work accomplished by different comminution mechanisms producing widely differing size distributions of fuel particles. By attaching an energy value to the production of surface areas perpendicular and parallel to the grain, a comparison of the relative effort expended in preparing a fuel can be made. It is, however, only a theoretical concept and not intended as a means of predicting a minimum energy requirement to comminute fuel particles.

Due to the widely differing size distribution of materials produced by different comminution mechanisms, it is impossible to rank one as more energy efficient than another. Each produces a distinct size distribution which has a unique fuel quality as dictated by the degree of energy conversion process control achieved.

Chipping Machine energy increases as the moisture content of the material decreases below the fibre saturation point. However, the additional energy requirement is a reflection of the change in the mode of failure of the material as it becomes more brittle and creates thinner chips and more fines. The additional Machine energy required is likely reflected in a proportional gain in surface area created. Whether this additional surface area can be utilized, is needed, or can even be tolerated will be specific to the energy conversion process. In contrast, the Machine energy of impact machines such as hammermills and slash cutters, decreases as the moisture content decreases below the fibre saturation level.

Provided energy conversion technologies can be made or adapted to accept larger fuel particles in the 7.5 to 15 cm size range, rugged low maintenance equipment like hammermills or slash cutters can be used to produce fuel particles at or near the same Machine energy requirement as chippers producing pulp chip size material.

Roll crushers such as the TVA Fiberizer are capable of simultaneously reducing the moisture content and comminuting woody material. However, while the mechanisms produce the surface area required for combustion, the size and shape of the product is not typical of most current fuels. The long thin splinters produced by this type of machine can probably be produced at a very low energy cost but materials handling systems and infeed mechanisms will have to be modified to accept them. Roll crushers such as the TVA Fiberizer and "PP" chipper which attempt to cleave rather than cut material are the most promising style of crushers. Gyrator and jaw crushers are not able to control their infeed mechanisms to take advantage of the low strength of wood when stress is applied perpendicular to the grain. Additionally, residues typically thought of as branches and trees at roadside would be difficult if not impossible to hopper feed into these types of crushers.

Baling of residues has the greatest potential for reducing energy requirements of fuel preparation. Calculations (theoretical only) indicate that 2.1 MJ/ODt would be needed to compress and shear green softwood slash into 1.1 m long bales, compared to 10 MJ/ODt needed to chip it into 2.5 cm long chips. Taken in the context that this operation would be performed in the woods using petroleum fuels, the potential for energy savings are very significant. In most cases, the bales could be further comminuted prior to conversion or burned directly in bale form.

4.2 Recommendations

To reduce the energy requirements of preparing fuel from harvesting residues, the following recommendations are made:

(1) Only large particle preparation methods be considered for the primary processing of harvesting residues. This will enable rugged equipment such as shredders and slash cutters to be used at a Machine energy cost comparable to chippers.

(2) Efforts be made to process dried material (sour-felled) as fuel. Drying before processing will not only improve fuel quality, it will reduce by roughly 1/2 the Machine energy needed to comminute it using rugged impact machines.

(3) A roll crusher be developed and tested which is specifically intended to comminute green whole tree elements and slash by splitting the material parallel to the grain. This roll crusher should also be tested to determine the ability of such a processor to simultaneously comminute and reduce the moisture content of residues.

(4) A program be instituted to build and test a harvesting residue baler capable of compacting and binding residues into a form which can be stored and recovered from roadside. The optimum dimension and size of these bales

should be determined based on their durability, the strength of suitable banding materials, and their compatability with transportation systems.

(5) A test be devised to compare the fuel quality of comminuted biomass based on the surface area produced. The test would determine complete combustion times which would be acceptable for typical conversion technologies. Such a test would enable some judgement to be made of a fuel's expected performance. Since maximizing particle length parallel to the grain is the most important action to take in reducing Machine energy requirements, determining a maximum limit based on energy conversion rates, and not materials handling problems, is a critical factor in developing energy-saving techniques for preparing fuel. In many cases, fuel is prepared as much to suit materials handling equipment as the energy conversion process. As with chippers, much of this equipment has been designed to suit traditional industries, in this case waste removal, rather than the specifics of energy conversion.

REFERENCES

1) Gasslander, J.E., Mattsson, J.E., and Sundberg, U. 1979. A pilot study on the energy requirements in forest logging. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Operational Efficiency. Report No. 127. Garpenberg, Sweden.

2) USDA. 1974. Wood Handbook. Wood as an engineering material. USDA Handbook No. 72.

3) Papworth, R.L., and Erickson, J.R. 1966. Power requirements for producing wood chips. Forest Products Journal, Vol. 16, No. 10.

4) Papworth, R.L. and Johnson, K.R. 1968. Power requirements for producing wood chips with a parallel knife chipper. Forest Products Journal, Volume 18, No. 10.

5) Erickson, J.R. 1966. Portable pulpwood chipping machines. Paper presented at the Forest Engineering Symposium, West Virginia, April 19066.

6) Gruendler Crusher & Pulverizer Co. June 1973. Wood hog capacity based on feed sizes per 915-1. Drawing Number D4748.

7) Erickson, J.R. 1976. Exploratory trials with a spiral head chipper to make hardwood "fingerling" chips for ring flakers. Forest Products Journal Vol. 26, No. 6.

8) Lambert, M.B. 1974. Evaluation of power requirements and blade design for slash cutting machinery. Winter meeting, American Society of Agricultural Engineers, Chicago 1974.

9) Smerdov, V.V., and Sotonin, N.Ya. 1978. A double roll crusher for waste. Lesnaya Promyshlennost No. 8, 23. In Forestry Abstract 1979, 2 (5).

10) Harvey, J. July 1972. Green-wood fibrating means and method. United States Patent, No. 3,674,219.

11) Commack, C.F., and Lambert, M.B. 1976. Parameters for the design of efficient forest residues reduction machinery. Paper. Winter Meeting American Society of Agricultural Engineers, Chicago, 1976.

12) Arola, R.A. 1971. Cross cut shearing of roundwood bolts. USDA Forest Research Paper NC-68.

13) Blackman, T. 1978. More than a delimber machine grinds limbs and tops into fuel. Forest Industries Magazine Dec. 1978.

14) Danielsson, B.O., Marks, J., and Sall, H.O. 1977. Compressing small trees and tree components. Royal College of Forestry, Department of Operational Efficiency Report No. 119.

15) Walbridge, T.A., and Stuart, W.B. 1980. An alternative to whole tree chipping for the recovery of logging residues. Paper presented at the International Forestry Energy Meeting, Jonkaping, Sweden. Oct. 1980.

16) Arola, R.A., Radcliffe, R.C., Winsauer, S.A., and Matson, E.D. 1980. Production of chunkwood with an involuted disc chipper. Manuscript submitted to North Central Forest Experiment Station, Houghton, Michigan, as NCFES Research Paper.

17) Hanaya, M. Short logs: An alternative to transporting whole logs and chips. Toyo Pulp Co. Ltd. Kure City, Japan. Date and place of paper presentation unknown.

18) Lowery, D.P., Hillstrom, W.A., and Elert, E.E. 1977. Chipping and pulping dead trees of four rocky mountain timber species. USDA Forest Service Research Paper INT-193 July 1977.

19) Buchanan, J.C., and Duchnicki, T.S. 1963. Some experiments in low speed chipping. Paper presented at the Annual meeting of the Technical Section CPPA. Montreal, Jan. 1963. CPPA Magazine May 1963.

20) Levelton, B.H., and O'Connor, D.V. 1978. An evaluation of Wood Waste Energy Conversion Systems, prepared by B.H. Levelton and Associates Ltd. for the British Columbia Energy Commission.

21) Atack, P. and Lefebvre, L. The Chapelle Paper Company works with a new type of chip for the production of their chemical pulp. Pulp and Paper Research Institute of Canada, Translations series No. 43. 1961.

22) Atack, D., May, W.D., Morris, E.L., and Sproule, R.J. 1961. The fracture of wood. Pulp and Paper Research Institute of Canada, Technical Report No. 232, May 1961.

23) Lowrison, G.C. 1974, Crushing and grinding, the size reduction of solid materials. CRC Press, Cleveland, Ohio.

24) Jones, K.C. 1980. Energy requirements of the fling solid waste demolisher, field test No. 1, Part of FERIC's Extended Biomass Harvesting Project, ENFOR Project P-28. Forest Engineering Research Institute of Canada, Pointe Claire, P.Q.

25) USDA. 1975. Slash . . . equipment and methods for treatment and utilization. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Equipment Development Centre, San Dimas, California, 91773, ED & T Report No. 7120-7.

26) Jones, K.C. 1980. Energy requirements of the TVA fiberizer. Field test No. 3, Part of FERIC's Extended Biomass Harvesting Project. ENFOR Project P-28 Forest Engineering Research Institute of Canada, Pointe Claire, P.Q.

27) Hakkila, P. 1972. Progress report on joint Scandinavian program for marginal wood resource utilization. Tappi, August 1972, Vol. 55, No. 8.

APPENDIX A

CONVERSION FACTORS AND ENERGY EQUIVALENTS

CONVERSION FACTORS

SI UNITS						BRITISH UNITS
Centimeters	x	.394			=	Inches
Cubic Meters	x	35.3			=	Cubic Feet
Joules	x	.948	x	10^{-3}	=	BTU
	x	.738			=	Foot-pounds
	x	.373	x	10^{-6}	=	Hp-hours
	x	.278	x	15^{-6}	=	Kw-hours
Joules/cubic meter	x	27.2	x	10^{-6}	=	BTU/cubic foot
	x	.632	x	10^{-6}	=	Hp-min/cubic foo
Joules/Kilogram	x	.430	x	10^{-3}	=	BTU/lb.
Kilograms	x	2.20			=	Pounds
Kilograms/cubic meter	x	62.3	x	10^{-3}	=	Pounds/cubic foot
Kilopascals	x	.145			=	Pounds/sq. inch
Kilowatts	x	10.2			=	Boiler Horsepower
	x	3.41	x	10^{3}	=	BTU/hr
	x	1.34			=	Horsepower
	x	1000			=	Joules/sec
Newtons	x	.225			=	Pounds

ENERGY EQUIVALENTS

			BRITISH UNITS
Wood: Oven Dry Tonnes (ODt)	x	19.7	= Giga Joules
	x	.504	= M^3 Natural Gas
	x	.555	= Litres of diesel fu
	x	.478	= Barrels (US Petro Bunker C)

			SI UNITS
Giga Joules	x	25.6	= Cubic meters natura
	x	28.1	= Litres diesel fuel
	x	28.1	= Litres fuel oil; 1&
	x	24.3	= Litres fuel oil; 5&
	x	35.9	= Kg. coal, bitumnous
	x	33.2	= Kg. coal, anthraci
	x	61.4	= Kg. coal lignite
	x	51.2	= Kg. wood oven dry

1 litre of diesel oil equivalent (LOE) = 35.6 Mega Joules

1 litre of gasoline = 33.5 Mega Joules

2.81 MJoules = energy required to evaporate 1 Kg. H_20 from 20°C to 205°C

APPENDIX B

ENERGY CALCULATIONS

Baling Energy

Green spruce logging slash with a specific gravity of .38 and initial bulk density of .080 ODt/m^3 is compressed in one plane to a bulk density of .160 ODt/m^3. Assume the compaction forces increase linearly from 0.0 to 3.5 kg/cm^2 (Figure 22). The material is sheared into .91 m long bales using a 1.2 cm thick shear blade. The energy needed to form a unit of surface area using this shear is 350 kJ/m^2 (Arola (15)), 900 kg shear force per cm of blade contact.

The energy needed to compact and shear the material can be calculated independently.

Compaction Energy

Energy = Average Force x Travel Distance

= $(1/2 \times 3.5 \times 10^4) \times (.5)$

= 8.8×10^3 Kg-m

= 86 KJoules

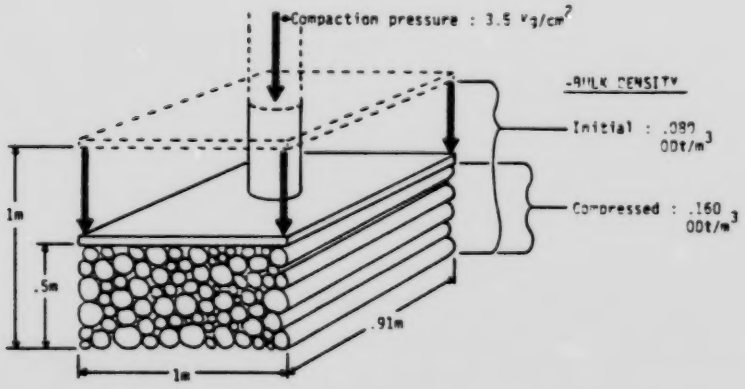
Mass of Bale = Volume x initial Bulk density

= $(.91 \times 1 \times 1) \times .08$

= .073 ODt

$$\text{Compaction Machine Energy} = \frac{\text{Energy}}{\text{Mass} \times \text{Electric Motor Eff.}(.85)}$$

= 1.4 MJ/ODt



Shearing Energy

Assume a specific gravity .38 USDA(2) and that the surface area to be sheared measures 1m by .21m (solid factor before compaction = .21)

Energy = Surface Energy x Area

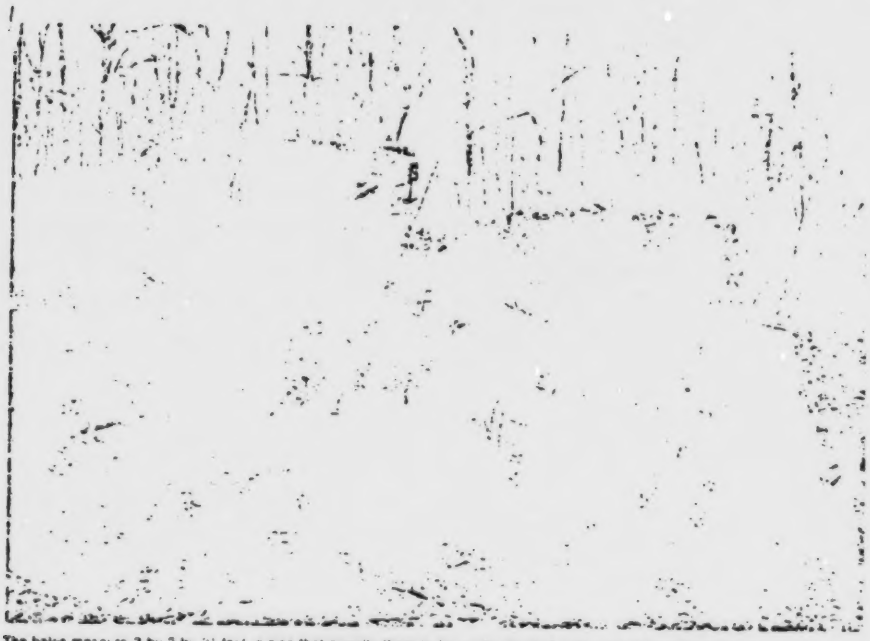
= 350 x .21 x 1
= 73 kJoules

Shearing Machine Energy = $\frac{\text{Energy}}{\text{Bales Mass x Elec. Motor Eff. (.85)}}$

= 1.1 MJ/ODt

Total Machine Energy

Compacting	1.4 MJ/ODt
Shearing	1.1 MJ/ODt
Baling	2.5 MJ/ODt



The bales measure 3 by 3 by 8 feet, a size that permits them to be easily stacked and shipped to using facilities.

Baling: What to do with what's left over

by Keith A. Wilkins
VPI Research Information Officer

Forest residues or "biomass," often thought of as an unsightly nuisance, nevertheless constitute a vast renewable energy resource. However, one of the problems preventing a greater use of this resource throughout the Commonwealth is that there are technological and economical constraints associated with recovering it either during or after forestry operations.

This may not continue to be the case. Two Virginia Tech researchers have developed a unique baling method that may now open the way for an expanded use of forest left-overs as a source of both fuel and fiber.

The research is being conducted by Tom Walbridge and Bill Stuart of Tech's forestry school. Walbridge, a professor of industrial forestry operations, and Stuart, a research associate completing his PhD in forestry, stated that while the concept of baling forest residues has never been applied in Virginia, or elsewhere for that matter, it appears to be a quite feasible approach to a number of forestry related problems involving residues.

For years Virginia forestry operations and forest managers have been plagued with the problem of what to do with limbs, branches, tops and unmarketable stems left during logging operations. This material, when not recovered, interferes with harvesting activities, poses a potential forest fire hazard, temporarily mars the aesthetics of forest lands, and until recently wasn't considered much good except in its contribution to the forest's nutrient cycle.

One of the principal deterrents to recovering forest biomass evolves from its physical characteristics. The material is generally too small in length and diameter to have much market value and because of its different shapes, sizes, and weight there are difficulties in handling and transporting it.

For Research Purposes Only Reproduction Of This Item May Constitute Copyright Infringement

The magnitude of the forest residue problem may be seen from the fact that over three-fifths of Virginia's total land area is forested. Lumber production averages more than one billion board feet annually, and there are over 1,000 sawmills, planing mills, veneer plants, flooring mills and furniture plants throughout the Commonwealth. In fact, every county in the state but one has commercial forest land and forest industry.

One approach to handling this vast amount of biomass involves whole tree chipping, which reduces the material into small chips. But a chipper can cost around $300,000-$500,000, and chipping is an energy intensive process requiring diesel power of 300-500 horsepower. Additionally, it is not easy to store and to transport chips.

It was Stuart who considered the feasibility of baling forest residues. Aware that baling has been a common method of handling bulky agricultural material, he considered its application to forest biomass.

The initial baler was developed from a hay baler that was retrieved from a farmer's junk pile. The successful operation of this machine, resulted in the construction of a second-generation baler. It was built by National Baler of Jacksonville, Florida and then shipped to the Tidewater Manufacturing Company in Brunswick, Virginia, where a power unit, pump, controls, and a trailer base was installed.

The delivered baler was 25 feet long, 8 feet wide, and 7 feet high overall. It weighed about 22,000 pounds. The diesel engine generated some 100 horsepower and the pump was able to deliver approximately 50 gallons of hydraulic fluid per minute.

Subjected to extensive testing, the baler operated extremely well. Limbs and other residues up to 10 inches in diameter was fed into the maw of the baler. A wooden platform "infeeder" was constructed to facilitate feeding the material into the side opening of the baler.

Once the maw was filled, the 10-inch hydraulic ram, under a pressure of 2,000 pounds per square inch and exerting a total of 150,000 pounds on the debris, sheared and compacted the material in the bale chamber.

The process of feeding, shearing, and compacting the biomass continued until a bale 3 by 3 by 3 1/2 feet was completed. Initially the bale was secured by steel lumber strapping, but this proved not strong enough so that 10 gauge annealed wire was used. The tied bale was pushed out of the end door of the baler as the next bale was being formed.

There are a number of advantages to the baling system. A baler is a fairly simple machine which can be produced for between $30,000-$50,000. Less power is required compared to a chipper, and because there are no complicated parts, maintenance and repair costs are quite low. Furthermore, the bales are far more easy to transport and to store than chips and other forms of forest residues.

There is no doubt that the baling concept effectively applied to forest biomass will lead to a greater utilization of this energy source.

Moreover, Walbridge and Stuart suggested that an expanded recovery rate could result in forest biomass making a 5-7 percent contribution to the nation's energy needs in the future.

Forest biomass can provide a considerable source of fuel and fiber for Virginia's pulpwood and paper industry and can provide a vast source of material for the state's chemical industry. With the increasing costs and the dwindling supplies of fossil reserves, petro-chemical industries will be looking for alternative raw materials. And according to the Task Force on Forest Biomass, of which Walbridge was a member, the blending of biomass-alcohol with gasoline and using biomass in electrical generation may one day become practical.

Clearly, if Virginia, as well as the nation, is to reduce its energy dependence on foreign fossil reserves, an effective method of using alternative energy sources is imperative. Forest residues are an important energy source. And certainly an efficient and economically feasible method of recovering this biomass will play a major role in its use in the future. ■

The 22,000 lb. baler is undergoing extensive on-site testing at Virginia Tech.

The wire-strapped bale is forced out of the baler as another bale is being made.

For Research Purposes Only Reproduction Of This Item May Constitute Copyright Infringement

TRUCKING OF LOGGING RESIDUES AND TREE SECTIONS

Magnus Larsson
Doctor of Forestry
Logging Research Foundation
(Skogsarbeten)
Stockholm, Sweden

Torbjörn Carlsson
Forest Engineer
Logging Research Foundation
(Skogsarbeten)
Stockholm, Sweden

Abstract

The development of haulage techniques for forest energy raw materials must proceed in parallel with the allied production phases, namely, logging and storage, and also with the actual production of energy. The short-term and long-term implications of this in terms of new haulage techniques have been examined by us in a project on the development of haulage systems for forest energy raw materials. In assessments of the value and applicability of alternative haulage methods, the context in which they are to operate must be taken in account. A comparison of the entire harvesting and transportation system for logging residues after mechanized shortwood logging indicates that the processing of the residues should take place as centrally as possible. Thus, the trucking of compacted or coarsely fractioned logging residues represent the most attractive alternatives when the residues are removed in conjunction with the logging systems currently employed in Sweden. Comparisons between the haulage costs of uncompacted and compacted tree sections from thinnings have shown that compaction equipment will probably not be required for hardwood tree sections to be hauled by truck teams. Conversely, compaction will be necessary in most other cases. To the extent permitted by the transport planning, in practice the wood probably will be allowed to season until the moisture content is down about 40 percent.

Introduction

The predicted shortage of raw materials for the forest industry, coupled with the current energy situation, has given rise to an increasing interest in ways to improve the utilization of the wood grown in the Swedish forests. The additional volume of wood is largely to be found in the logging slash, small trees and stumps remaining after cleaning, thinning and final felling operations.

From the transportation point of view, these assortments are making a variety of new demands on technology and organization, owing to intrinsic properties such as:

- Low bulk density
- Irregular form and composition
- The content of contaminants
- Their sensitivity to storage

To shed light on the problems associated with trucking of the forest energy assortments, intensive R & D work has been in progress since 1974.

During the last couple of years the transportation studies have focused on:

- Logging residues in various forms after final felling
- Uncompacted and compacted tree sections (unlimbed pulpwood) from thinnings and final fellings

It is important that the development of haulage techniques for energy wood proceeds in parallel with that of allied production phases, namely, logging and storage as well as the actual production of energy.

A summary of the main findings of these studies is presented in this report as well as a number of conceivable haulage methods, together with cost analyses.

Trucking of Logging Residues

Trucking of logging residues (small trees, tops and branchwood) may be performed in different ways depending on factors such as moisture content of the material, hauling distance, and earlier handling of the material. For that reason trucking systems for the following forms of logging residues have been studied and analyzed:

- Unprocessed and uncompacted
- Unprocessed and compacted
- Unprocessed and pre-compacted into bales
- Fractioned

Trucking of Uncompacted Logging Residues

The major factor hampering the efficiency of trucking logging residues in their natural state is the low bulk density. Compaction prior to or in

conjunction with the haulage operation could be one way of increasing the bulk density.

To determine the need for compaction, trucking of unprocessed and uncompacted logging residues was studied. A modified conventional truck and trailer for roundwood (load volume approximately 100 m^3 was used for the study (1).

The bulk density of the material was found to be 130 to 180 kg/m^3 in its natural state at moisture contents of 30 to 50 percent. If the slash were compacted by means of the truck-mounted loader in connection with the loading, the bulk density was increased to 145 to 200 kg/m^3. With a load volume of approximately 100 m^3, these bulk densities are too low for maximum utilization of the load capacity.

Vehicles with larger load volume (130 to 140 m^3), e.g. stump hauling vehicles (2), offer better possibilities of utilizing the legal load weight (approximately 26 to 28 tons).

When conditions are favorable (e.g. a high concentration of wood, good roads and efficient transport control) separate loaders with higher loading and compacting capacity as compared to truck-mounted loaders can serve truck "teams" (3). In cases like that large vehicles are especially suitable.

On the basis of the studies a cost analysis was carried out. The resulting hauling costs are illustrated in Figure 4 (4). Some basic data for the analysis may be found in Appendix 1 (Table 1).

Trucking of Compacted Logging Residues

Compaction of logging residues prior to or in conjunction with the loading is probably the most efficient way of increasing the bulk density of this assortment.

Special equipment for compaction of logging residues has not yet been developed. However, at the present time, two Swedish manufacturers, ExTe Fabriks AB and Kilafors Industri AB, are working together on a trailer with such equipment.

For that reason we had to study the effects of compaction of logging residues by using a compaction device for tree sections, developed by ExTe Fabriks AB (12). The main finding of this study was that it is possible to increase the bulk density by 50 to 110 percent depending on the moisture content of the wood.

The resulting hauling costs are illustrated in Figure 5. The cost analysis is based on the vehicle with the special compaction device for tree sections. Some basic data for the analysis may be found in Appendix 1 (Table 1).

Trucking of Pre-compacted Logging Residues

Another way of trying to increase the bulk density could be pre-compaction of the slash into, e.g., one-cubic-meter bales. The baling concept has many advantages. From the transportation point of view one major advantage, besides the increased bulk density of the material, is that conventional trucks and trailers for roundwood may be utilized during periods of low employment - in Sweden usually fall and early winter. Lower costs for storage and a more efficient fractioning could be other advantages. Now it remains for us to see if these advantages balance the costs for the pre-compaction itself. There is no equipment for this purpose in Sweden today. However, experiments with baling (6) are in progress at Virginia Polytechnical Institute, USA (Walbridge, Stuart).

The cost analysis, illustrated in Figure 7 (7), is based mainly on theoretical assumptions. Some basic data may be found in Appendix 1 (Table 1).

Trucking of Fractioned Logging Residues

An alternative to compaction in order to increase the bulk density of the material is fractioning. The most common technique used today is chipping. Lately also fractioning by shredders and hammer mills has been tested (Larsson & Kyttälä, Logging Research Foundation Skogsarbeten, 1981). Cutting to 0.5 to 1 meter long pieces (by, e.g., a shearing device in the loader grapple) is another possible technique.

These chippers, shredders, hammer mills etc. are producing fractions of very different sizes, which have an influence on the bulk density. The bulk density of the fraction coarser than chips has been found to be lower than that of the chips. However, trucks and trailers for this purpose may be built large enough (approximately 140 m^3) to carry full payloads of material weighing approximately 200 kg/m^3. That type of rig could also be used for trucking unprocessed and

and uncompacted logging residues over shorter distances.

The trucking of chips or other fractioned material does not present any new technical problems. It is more a matter of organizing, planning and controlling the system in such way that the inevitable delays are kept to a minimum.

With the results from a number of studies of different fractioning equipment as a basis, cost analyses for the following conceivable haulage methods have been carried out:

- Trucking of coarse fractioned (with a shearing device in the loader grapple) slash
- Trucking of fine fractioned (by means of chippers, shredders and hammer mills) slash from the forest (e.g. truck road or landing)
- Trucking of fine fractioned slash from a terminal

The hauling costs of the different haulage methods are illustrated in Figure 8 (8). The moisture content of the material is 40 percent and the relative solid volume content is 28 percent for the coarse fractioned and 35 percent for the rest. The capacity of the fractioning machines (at the roadside landing) is 30 m^3 solid biomass per hour. Some basic data may be found in Appendix 1 (Table 1).

Comparison of Hauling Costs for Logging Residues

To compare the costs of uncompacted, compacted and fractioned logging residues, some of the results of the cost analyses have been put together in Figure 9 (9). The costs are referring to the entire biomass at a moisture content of 40 percent.

Comparison of the haulage costs for different types of logging residues indicate that:

- Unprocessed logging residues should always be compacted either before or in conjunction with loading.
- The handling of pre-compacted logging residues, in the form of one-cubic meter bales using conventional roundwood haulage vehicles as well as coarse fractioning of slash into large vehicles offer interesting potential for development.
- The selection of haulage method for fine fractioning of logging residues from the forest (i.e. truck road or landing) is determined by productivity of the processing machine and bearing capacity and trafficability of the road network. When the roads are of a good standard truck-tractors with a 90m^3 semi-trailer are to be prefered when productivity in processing is lower than about 20m^3 (solid) hour. When the productivity is about 30m^3/h, the least costly alternative is direct fractioning into conventional chip trucks and trailers or containers when the haulage distance is greater than 90 km. When productivity is about 40m^3/h, conventional chip trucks and trailers become cheaper than trucktractor and semi-trailer at a haulage distance of about 70 km. When the roads are of a poor standard, container handling may be the only realistic solution.
- The haulage of fine fractioned material from a terminal is least expensive using conventional vehicles, since these can be loaded efficiently by means of a separate loader or from a bin. Combinations incorporating semi-trailers might be of interest in the future.
- Truck "teams" served by a separate loader are obviously advantageous when suitable conditions exist, i.e. high concentration of wood, good roads and efficient transport control.

Comparison of Entire Harvesting and Transportation Systems

In the assessment of the value and applicability of alternative haulage methods, the context in which they are to operate must be taken in account. It is therefore important to compare entire harvesting and transportation systems.

A comparison of the entire harvesting and transportation system for logging residues after mechanized shortwood logging (10) indicates that the processing of the slash should take place as centrally as possible.

Thus, the trucking of compacted or coarsely fractioned logging residues represents the most attractive alternative in conjunction with logging systems currently employed in Sweden.

Trucking of Tree Sections

Practically all logging in Swedish forestry is presently carried out by means of the shortwood method. Separate handling of the logging residues, as described above, is a consequence of this harvesting technique.

If more of the forest biomass is to be a commodity in the future it is questionable whether the shortwood method has the greatest development potential even in our northern European conditions. In a long-term perspective we may therefore anticipate an increasing interest in, and perhaps also future applications of, full-tree and/or tree-section logging.

The processing of the trees or tree sections may then be done at the roadside landing or centralized at some point further down the line towards or at the final destination.

From the transportation point of view, a development like that leads to necessity of new techniques for assortments like:

- Long logs (unbucked sawlog part of stem)
- Tree sections (unlimbed wood)
- Full trees (excluding the stump)

One area in which one of these "future" methods is already being subjected to large-scale tests is thinnings. The trees are extracted to the strip road where they are bucked in bunches by a grapple saw and loaded on the forwarder for delivery to the truck road.

Also when hauling tree sections, bulk density is a major problem. Basic study and analysis work has demonstrated the necessity of compacting the wood from approximately 150 to 200 kg/m³. This can be achieved either by compacting and binding bundles of tree sections prior to loading or by compacting the entire load in conjunction with loading the haulage rigs. This is done by special devices on the bunks or stakes.

On account of the great interest in tree sections from thinnings in Swedish forestry, two units for compaction of this assortment have been developed by the Swedish manufacturers Hydrovåg AB (11) and ExTe Fabriks AB (12). Studies of both devices have indicated some very promising results.

In both cases the compaction is done by special devices on the stakes. On the equipment developed by Hydrovåg AB, the tree sections are compacted by flaps mounted on the top of the telescopic stakes (11) and on the one developed by ExTe Fabriks AB--ExTe Comp --by a cross beam between the stakes. ExTe Comp is mounted on the trailer and 4 bunks with telescopic stakes (13). On the top of each stake along one side of the trailer is a hydraulic rotator mounted for maneuvering the cross beam (14). On the top of each stake on the opposite side there is a hydraulic maneuverable "grapple" (15). The function of the "grapple" is to lock the cross beam during the compaction (16).

The ExTe Comp prototype has been operating for about a year and there are two new ExTe Comp units in operation on tree sections.

Cost Analyses

With the studies mentioned as a basis, a number of cost analyses of trucking uncompacted and compacted tree sections from thinnings have been carried out.

Trucking of uncompacted tree sections may be done with modified conventional roundwood vehicles (1). The low bulk density reduces the load and raises the hauling costs, as is the case for uncompacted logging residues.

A solution, which could be interesting, but not yet studied, is to let a separate loader serve a truck "team" (team operation). It could be anticipated that a larger, heavier and more powerful loader is able to compact the tree sections more efficiently than a smaller truck-mounted loader.

The cost analyses for compacted tree sections from thinnings are based on the compaction device developed by ExTe. The device is only mounted on the trailer. Even in this case it could be possible to use a separate loader with high loading capacity, if the conditions are suitable for team operation.

The cost analyses for the team operation alternatives are partly based on theoretical assumptions.

Some basic data for the analyses may be found in Appendix 1 (Table 1) and the hauling costs for uncompacted and compacted tree sections (at a moisture content of 40 percent)are illustrated in Figure 17 (17).

Comparisons between the haulage costs of uncompacted and compacted tree sections from thinnings show the following:

- If loading is by means of a truck-mounted loader, compaction equipment will be required for
  -Hardwood tree sections, if the moisture content of the wood when it is to be transported for the most part is likely to be less than about 40 percent.
  -Softwood tree sections, if the moisture content for the most part is likely to be less than 60 percent.

- If the conditions are suitable for separate loaders to be used (team operation), compaction equipment will be required for
  - -Hardwood tree sections, although not unless the moisture content is less than about 35 percent when the wood is to be transported.
  - -Softwood tree sections, if the moisture content is below 60 percent.

To the extent permitted by the transport planning, in practice the wood will be allowed to season until the moisture content is down to about 40 percent. This means that compaction equipment will probably not be required for hardwood tree sections to be hauled by truck teams. Conversely, compaction will be necessary in most other cases.

Future Research and Development

Several analyses of logging and transportation systems on the basis of the transport studies contained in this report have been performed recently.

The findings also indicate that the development work must continue along two parallel lines, one with a view to the short term and the other to the long term.

In the nearest future R & D work must focus on logging residues from final fellings, and tree sections from thinnings. Because of the centralized processing, the compaction technique used will be a key issue.

Further in the future, to a greater extent industrial wood and energy wood would possibly be handled together in the form of full trees and tree sections. Entirely new haulage techniques in completely new systems and with a totally different flow of wood could then enter into the picture.

As well as the technical aspects of the transportation discussed here, the flow of wood in time and space must also be observed.

The calculations show the heavy influence that the moisture content of the wood has on the haulage costs. Careful planning of the haulage of tree sections and other new assortments is therefore necessary. The haulage of tree sections and other new assortments is therefore necessary. The haulage must be integrated into the overall wood flow to enable due consideration to be given to forest ecology, storage costs, the capacity of the logging and transport machinery, employment, etc.

Further elucidation of these aspects will take place in another project at Skogsarbeten concerning the flow of materials in future transportation of wood raw materials.

APPENDIX 1

Table 1. Some basic data for the cost analyses.

Assortment	Investment SEK (Sw Crowns)	Legal load weight tons	Load volume m^3 solid biomass at moisture content 30 %	40 %	50 %	Terminal time (loading + unloading) Minutes/load (excl delays) at moisture content 30 %	40 %	50 %
Logging residues								
Uncompacted	740 000	32,4	21,6 (20,5 %)	21,6 (20,5 %)	21,6 (20,5 %)	130	130	130
Loader compacted by truck-mounted loader -smaller vehicle	740 000	32,4	24,2 (23,0 %)	24,2 (23,0 %)	24,2 (23,0 %)	145	145	145
-larger vehicle	905 000	35,0	29,3 (22,0 %)	29,3 (22,0 %)	28,4 (21,5 %)	130	130	125
Loader compacted (truck team)	860 000	27,0	34,4 (24,5 %)	34,4 (24,5 %)	30,6 (22,0 %)	90	90	80
Special compacted	985 000	26,5	41,6 (20,5/41,8)	36,1 (20,5/35,8)	30,2 (20,5/29,9)	180	165	150
Special compacted (truck team)	885 000	28,5	43,2 (24,5/41,8)	38,4 (24,5/35,8)	32,4 (21,5/29,9)	100	95	90
Pre-compacted bales	740 000	31,0	39,6 (60,0)	39,6 (60,0)	35,4 (60,0)	110	110	105
Coarse cutted (0,5 - 1,0 long pieces)	935 000	25,0	37,6 (28,5)	34,1 (28,5)	28,4 (28,5)	180	165	145
- truck team	860 000	27,0	39,9 (28,5)	36,8 (28,5)	30,7 (28,5)	100	95	90
Fractioned (from the forest), chip-hauling vehicle (direct loading)	815 000	30,3	-	40 (35,0)	-	-	115	-
Fractioned (from the forest), container vehicle	850 000	30,0	-	36,8 (35,0)	-	-	65	-
Fractioned (from a terminal), chip-hauling vehicle	805 000	30,3	-	40,0 (35,0)	-	-	45	-
Fractioned (from the forest), semi-trailer	800 000	24,5	-	31,5 % (35,0)	-	-	40	-
Fractioned (from a terminal), double semi-trailers	1 100 000	30,0	-	41,0 (35,0)	-	-	40	-
Tree sections from thinnings								
Uncompacted-softwood	785 000	31,0	21,4 (20,5)	21,4 (20,5)	21,4 (20,5	70	70	70
-hardwood			24,7 (23,5)	24,7 (23,5)	24,7 (23,5	70	70	70
Loader compacted-softwood (truck team)	685 000	31,0	25,7 (24,5)	25,7 (24,5)	25,7 (24,5	75	75	75
-hardwood			29,6 (28,2)	29,6 (28,2)	29,6 (28,2	75	75	75
Special compacted-softwood	985 000	26,5	40,5 (20,5/47,7)	33,7 (20,5/40,9)	26,5 (20,5/32,1)	105	95	90
-hardwood			37,1 (23,5/42,0)	31,0 (23,5/36,0)	26,5 (23,5/32,2)	95	90	85
Special compacted-softwood (truck team)	885 000	28,5	42,0 (24,5/47,7)	37,2 (24,5/40,9)	32,4 (24,5/36,1)	85	80	75
-hardwood			39,3 (28,2/42,0)	34,2 (28,2/36,0)	28,5 (28,2/32,2)	80	75	70

In brackets ( ) = relative solid volume of the material for the entire load
In brackets (/)= relative solid volume of the material for truck/trailer

Figure 1. Conventional truck and trailer for roundwood, modified for logging residues.

Figure 2. 140m^3 stump-hauling vehicles can also be used for logging residues.

Figure 3. A separate loader with high loading capacity can serve several trucks working in a team.

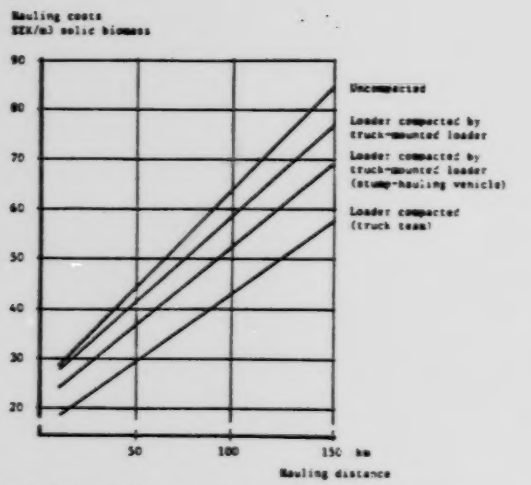
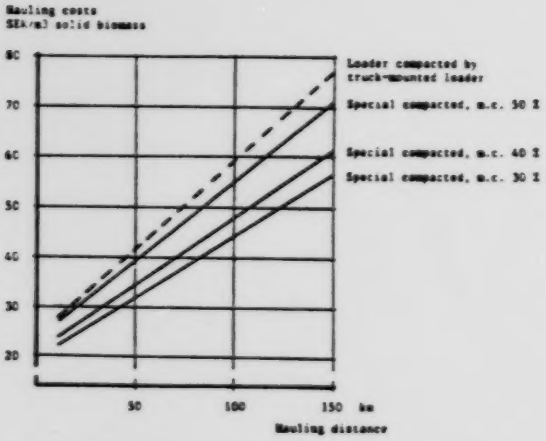


Figure 4. Hauling costs (SEK=Swedish Crowns, approx. US $0.2) for uncompacted and loader compacted logging residues (moisture content 40 percent).



(m.c. = moisture content)

Figure 5. Handling costs for special compacted logging residues at various moisture contents.

Figure 6. A test baler developed at Virginia Polytechnical Institute, USA.

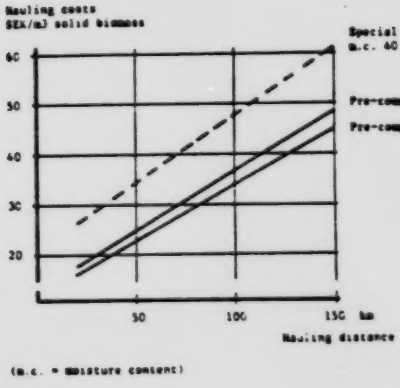
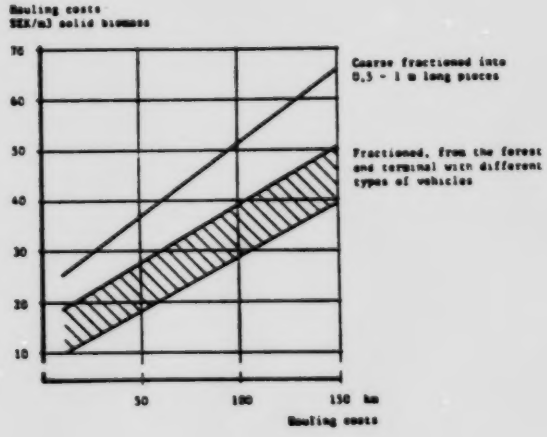


Figure 7. Trucking of logging residues in the form of precompacted bales with conventional vehicles for roundwood is a very interesting development.

Figure 8. Hauling costs for a number of different ways of trucking fractioned logging residues.



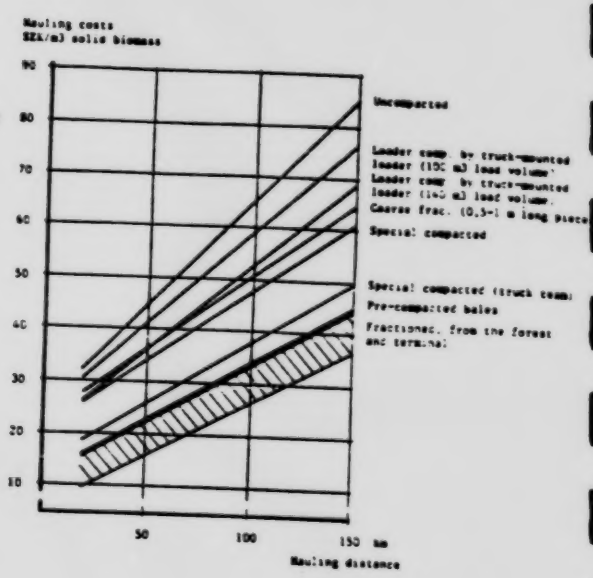


Figure 9. A comparison of the hauling costs for logging residues in various forms.

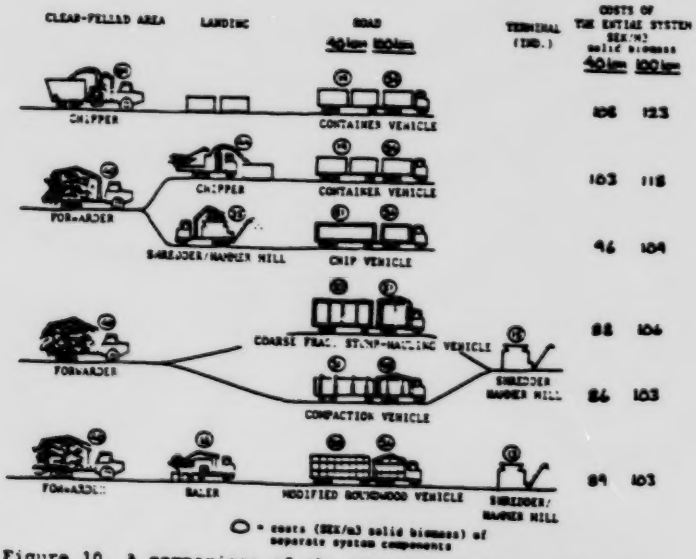
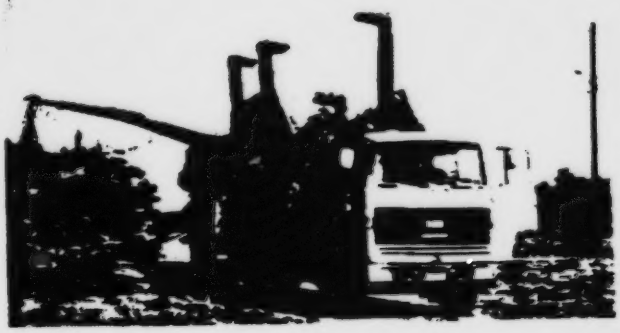


Figure 10. A comparison of the entire harvesting and transportation system for logging residues (moisture content 40 percent).

Figure 11. Compaction equipment developed by Hydrovåg AB (prototype).



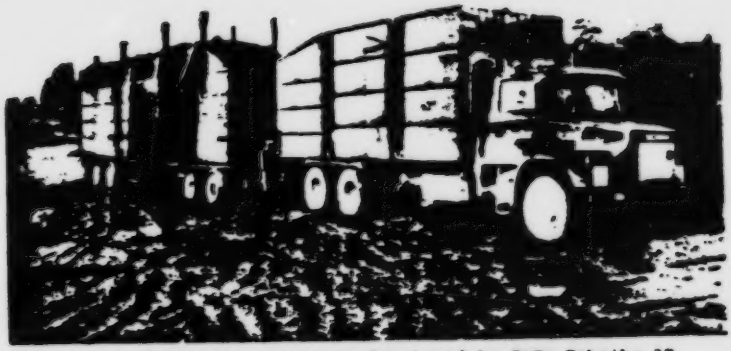


Figure 12. Compaction equipment developed by ExTe Fabriks AB (prototype).

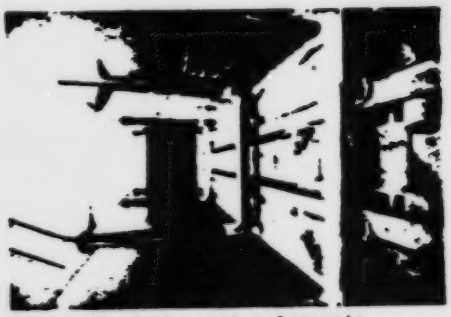


Figure 13. Bunks with telescopic stakes mounted on a trailer (ExTe).

Figure 14. A hydraulic rotator for maneuvering the cross beam (ExTe).

Figure 15. The cross beam is catched by the grapple.....

Figure 16. .....and locked during compaction (ExTe).

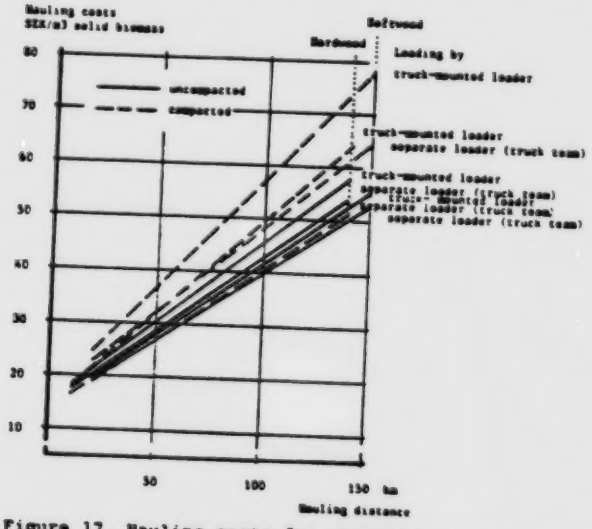


Figure 17. Hauling costs for uncompacted and compacted tree sections from thinnings (moisture content 40 percent).

VII HARVESTING AND TRANSPORT OF SMALL TREES AND FOREST RESIDUE

AN ALTERNATIVE TO WHOLE TREE CHIPPING FOR THE RECOVERY OF LOGGING RESIDUES

T.A. Walbridge, Jr.
Professor
Industrial Forestry Operations
Department of Forestry
School of Forestry & Wildlife Resources
Virginia Polytechnic Institute and State University
Blacksburg, VA. 24061

W.B. Stuart
Assistant Professor
Industrial Forestry Operations
Department of Forestry
School of Forestry & Wildlife Resources
Virginia Polytechnic Institute and State University
Blacksburg, VA. 24061

Abstract

Presently, whole tree chipping systems are the only method of logging residue recovery in common use in the U.S. Baling of residues appears to be a viable alternative. In this paper, the authors describe the development of a prototype in-woods logging residue baler developed by the Industrial Forestry Operations Program in the Department of Forestry, School of Forestry and Wildlife Resources at Virginia Polytechnic Institute and State University in Blacksburg, Virginia, U.S.A. Various methods of incorporating the baler into conventional longwood operations are presented. Estimates of productivity, capitalization, and the incremental costs of baling residues indicate that baling of logging residues into cubes approximately 550 kilos, may be economically feasible.

Introduction

Logging residues are an enigmatic problem for the forest manager. The residues, as much as the veneer in a tree, are a product of his effort. They have occupied land, borne taxation, required protection and otherwise complicated his life during the development of the stand. At harvest, the limbs, tops, and unmerchantable stems are a definite liability. This material interferes with the harvesting process, is a major component in the unsightliness of cut over timber land, which in turn causes difficulty with the general public, and must be dealt with in the establishment of a new stand. Until recently the land manager has been unable to derive any benefit from this material other than its contribution to the nutrient cycle.

In other regions and cultures this material is utilized. In Brazil, for example, conventional timber harvesting in the eucalyptus region involves capturing small limbs and twigs for fuel wood as a part of the pulpwood harvest. Faggot gathering has been practiced since the middle ages in the densely

populated European countries. Richard Fitz Nigel, Treasurer to the King of England in 1170 is quoted by Jean Gimpel in his book on the industrial revolution in the middle ages as lamenting the waste involved in felling large trees to gather limbs and tops for charcoal production while leaving the trunks to rot in the forest. Such is probably the case in the United States up through the era of settlement. When large scale logging and lumbering activities started in the last half of the nineteenth century, logging wastes were generated in such vast quantities at locations remote from the potential markets that the fuel value of these residues lost out to fossil fuel alternatives. There has always been a residual market for firewood served by small operators utilizing this material, but this use for the most part has been regarded as so insignificant that it has warranted little attention from foresters or others involved in the forest products industry.

Industrial efforts have improved the utilization of the stem for lumber, board products, and fiber through changes in technology. A pulpwood market accepting material down to 3 1/2 or four inches on the small end permitted recovery of more material from tops and logging slash. Chipping canters, high speed veneer lathes, and new products such as particleboard provided lucrative alternative markets. For the most part, these products were derived from stem wood, and while capturing a major portion of the material from pines, left hardwoods in many instances, seriously underutilized.

The introduction of the whole tree chipper in the early 1970's was a major breakthrough. Here at last was a method for conveiently reducing limbs and tops to a manageable form and delivering these to a market. New markets for this material opened up. Whole tree chips have been used in smelting, pulp and paper production, sewage treatment and energy production. The rising costs of energy have done much to stimulate additional interest in the latter use.

Whole tree chipping does have some distinct disadvantages, however. Initial investment in the most common chipper size is currently in the $175,000 range. Adding additional harvesting and support equipment necessary to serve the machine bring the total capital investment in the equipment into the $500-700,000 range. Chipping is also an energy intensive process, and in-woods chipping generally requires 300 to 400 diesel horsepower. Chips must usually be delivered from logging site to the consuming facility by truck since reloading chips from one transport type to another is a difficult process. Consequently, road standards must be raised to accomodate 40 foot vans. Storage can usually only be accomplished in round wood form in the forest or in mill chip piles at the consuming facility. Recently an attempt to remove this constraint has been to go to storage of chip piles in the woods.

The Baling Concept

These disadvantages started us on an exploration of alternative systems of recovery in 1975. Baling, a common method for handling bulky materials in agriculture and handling waste products in industry appeared to offer advantages. A low budget project was undertaken in early 1976 to prove that forest residues could be baled (1). An old McCormick hay baler was scavenged from a farmer's junk pile and modified by adding a hydraulic cylinder to replace the normal flywheel and crank system driving the plunger. Only the bale chamber and plunger was saved from the original machine. Field tests conducted by powering the baler from the hydraulics of a knuckle-boom loader proved that even with equipment this crude it was possible to shear and compact pine, maple, and oak limbs and tops into a rectangular cube with a bulk density comparable to stacked round wood. Two important factors resulted from these tests. First, the hydraulic pressures required proved less than anticipated and secondly, the hay knife incorporated in the agricultural design proved capable of shearing oak limbs up to four inches in diameter.

Possible Applications

Encouraged by these tests a feasibility analysis was made of the baling concept incorporated into conventional systems (1). In the initial investigations, it was projected that the baler would be incorporated into the loader base and share the hydraulic system on the loader. Studies of loader utilization on most two and three skidder operations indicate that loader utilization is generally in the 50% range leaving unutilized capacity on engine and pumps. Whole trees would be skidded to the deck, and left alongside the loader-baler combination. Limbing and topping would take place at the landing. The loader would be used to transfer this material to the infeed of the baler which would be located opposite the loading area. This material could be left on the landing or piled along the infeed until a lull occurred in the loading process. When slack time occurred on the loader, it would then be used to place this material on the baler infeed and stack the resulting bales. A schematic of this system is shown in Figure 1.

Bale size in this application was proposed as three feet square in end section and four feet long. This combination would allow the bales to be hauled on conventional bunk type log trucks or pulpwood trucks. Using the baler in this configuration to add a capability for recovering whole trees into a conventional system was estimated to cost in the range of $40 to $60,000 total. The loading portion of the system would be the only element undergoing major modification. Felling, skidding, and trucking would vary in operation but not equipment.

A second alternative which could be used when skidding full trees is impractical, or when it would be desirable to leave the residues scattered about the site to dry prior to recovery to raise the fuel value.is presented in Figure 2.

This approach would involve mounting the baler on the tail section of a forwarder making it tract mobile. A limited amount of directional felling would be required to bunch the limbs and tops as much as possible. The baler would move between these aggregations baling the logging residues and leaving the bales scattered over the site for future pickup by a conventional forwarder. In this application, residue recovery could be handled by a second contractor totally unrelated to the logging or pulpwood contractor.

A third possible application for lighter equipment is the recovery of debris resulting from the use of grid delimbers as shown in Figure 3. These devices could be simple and particularly effective in slash and loblolly pine stands. This residue does pose a problem in that the limbs and tops are concentrated in loose piles on or near the deck area. These piles are unsightly, pose a fire hazard, and would appear to offer an opportunity for ready recovery of additional biomass from the stand. A lighter baler than those discussed so far could probably be used here since the material would be pine and less than four inches in diameter. The baler could be mounted on an old truck or trailer so that material could be pushed to it from the gate delimber. The unit would be operated only when the accumulation of debris warranted. Infeed design would be important in this application since the material would consist of small pieces essentially unaligned after the limbing and handling process.

Expected Operational Advantages

It is expected that baling residues will offer a variety of advantages compared with other proposed systems for recovering this material.

1). Balers are simple devices. Units of the type discussed here, with the exception of the plantation thinning unit, could be produced for between 40 and 60 thousand dollars including power plant but excluding carriers. Additional engineering work is necessary on the desired characteristics of the carriers. It is anticipated that in most applications the baler frame will be sufficiently strong to serve as the carrier frame as well, thereby reducing the investment in the carrier itself.

2). Reduced power consumption. Work done to date indicates baling will require lesser amounts of mobile horsepower than in-woods chipping and hogging operations. To be

sure, the materials will have to be further reduced before being fed to the boiler or digester, but this final breakdown can be accomplished using stationary chippers operated at capacity on a multiple shift basis drawing power from either line electricity or electricity generated from the residues themselves rather than diesel fuel.

3). Lowered maintenance costs. A basic baler consists of a shear and compaction plate usually combined in one unit which operates on relatively long cycle times. Consequently, it is anticipated that maintenance and repair time and materials will be considerably less than for chippers.

4). Compatibility with transport equipment. Bales can be transported on conventional pulpwood and log trucks with minimum modifications or additional fixed weight per vehicle. This would eliminate the need for both roundwood trucks or trailers and vans on the same operation as in the case with chipping operations which also separate round wood products. Because of the packaging inherent in baling, cross loading between transport types such as truck and railcars would be simplified. If rail transport is to be considered in the delivery system, bales also offer the advantage of being compatible with a greater variety of car types.

5). Simplified field drying of residues for fuel. The tract mobile baler offers an opportunity for recovering residues in a separate operation after the logging operation to take advantage of natural drying processes to reduce the moisture content of woody fuels.

6). Savings in road building costs. Because of the convenience of handling bales and the ability to readily transfer packages from one transport mode to another, the need to construct roads of a standard sufficient to allow taking a 40 foot van and road tractor to the woods landing can be avoided. This would be of particular importance in the Appalachian hardwood region where the costs of building haul roads is high and their visual impact is a problem.

7). Storage considerations. Bales could be stored efficiently at a variety of locations between the stump and the consuming facility, eliminating the necessity for a continuous movement from the woods to plant site.

Some of the alternatives are:

a). Left in place scattered throughout the harvest site

b). At the landing or along roadside

c). At a woodyard or rail siding

d). At plant site.

The cost of putting material in storage and later recovering it would be minimized because packages ranging in size from 600 kg (2/3 ton) to 1135kg (1 1/4 tons) would be handled as units. Preparation of storage areas would be minimized since bales could be stacked on any reasonably flat, well drained area.

Development of the Prototype

In June of 1978, the authors received a grant from the Department of Energy for an "Integrated Investigation of Procurement, Harvesting, Drying, Transportation, and Storage of Woody Biomass. The proposed work was separated into four components: Component 1 addresses problems of Severance and Field Drying; Component 2 concerns research in In-woods Transportation, Processing and Storage; Component 3 deals with Procurement, Transportation and Storage between Forest and Plant Site; and, Component 4 is to investigate the problems of Plant Receiving Facilities and Preparation of the Material.

A major portion of the work conducted in Component 2 to date has been devoted to the fabrication of the In-woods Logging Residue Baler. Early in 1979, a lease for a prototype baler was negotiated with International Baler Corporation of Jacksonville, Florida. Upon completion of the baling chamber, the unit was shipped to Tidewater Manufacturing Corporation of Brunswick, Georgia for trailer mounting and installation of the power unit, hydraulic pump and controls. The prototype was delivered to Blacksburg on December 21, 1979 and the first bale was produced on December 22, 1979. The prototype and the bales are illustrated in Figures 4 and 5 respectively.

The machine is approximately 2.4m (8' wide), 7.3m (24') long and 2.1m (7') high and weighs 1000 kg (22000 lbs). The unit is powered by a 74 kW (100 hp) GMC 353 diesel engine driving a 190 l/min. (50 gpm) hydraulic pump operating at 13788 kPa (2000 psi) pressure. The bales are about 76cm (30") x 91cm (36") x 1.1m (42"), and depending on the moisture content, range in weight from 455kg (1000 lbs) to 682kg (1500 lbs). Bulk density ranges from 600 kg/m^3 (38 lbs./cu.ft.) to 980 kg/m^3 (57 lbs./cu.ft.).

Feasibility Analysis

A comprehensive analysis of the economic feasibility of modifying conventional harvesting systems to recover fuel and fiber was completed by Porter in June 1979. (2). The work simulated

productivity and costs of three conventional systems using an in-woods residue baler or small mobile chipper to recover logging residues across three stand types and six cutting regimes.

Results of the analysis indicated that logging residue recovery was economically feasible in many Southern harvesting systems. The following general conclusions can be made: .

1). Recovery of residues normally left in the woods after harvest is economically justifiable as long as conventional products continue to be merchandized. The flow of conventional products must not be interrupted by the residue recovery process.

2). Clearcutting for energy and thinning for energy were not economical on any stand unless a portion of the large diameter trees were merchandized as conventional products. Conventional products represent the majority of the revenues and thus must continue to be marketed as such for the system to retain a profit. Since the values used in the simulation for the delivered price per ton for residues consisted of 1979 full tree chip prices, this situation will change if woody fuel prices are provided in their stead. As the demand for fuel from biomass increases, the price for these fuels will rise to the point where clearcutting and thinning for energy may become a viable alternative to cutting stands for conventional products only.

3). The systems incorporating the residue baler did slightly better on all stands than did the systems using the Trelan chipper. Although purchase price was higher for the baler, operating costs were lower and productivity was higher in all stands. Since the production model of the residue baler is still under testing, further study is needed to develop more accurate cost and production data on a variety of stand types.

4). Results show that the increased mechanical energy required to produce the additional residue energy was minimal for all systems on all stands and in all regimes. A BTU input of 0.0067 to 0.0304 was required to produce one BTU of residue output. This indicates that residue recovery is not only economically feasible but energy efficient as well.

To illustrate how the baler might be incorporated into a conventional longwood system, let us consider the following example.

First, let us assume that the conventional system without modification is a longwood system commonly found in the Piedmont and Upper Coastal Plain. The operation consists of a Bobcat 1075 feller-buncher with accumulating shear which fells and piles

material for chainsaw limbing and topping; The sawyers also fell and limb material too large for the Bobcat. Movement to the landing is accomplished with two John Deere 540 grapple skidders. At the landing the trees are separated by product type or tree length form and loaded by a knuckleboom loader of the Prentice 210 capacity. Hauling is accomplished with two truck-tractors and four set-out trailers which allows the trucking function to be independent of the logging system production.

Now, let us modify this system to include the use of a residue baler. The limbing and topping function will be moved to the landing, but one sawyer will be left at the stump to fell oversize trees. The feller-buncher will fell and pile all remaining stems on the stand. Skidder productivity, measured in terms of conventional products, is expected to drop about 25% because of full tree skidding. Limbing and topping will take place at the landing and conventional products will be loaded as before. The logging residues left near the baler will be placed into the baler infeed by the loader for processing. As long as the infeed is charged shearing, compacting, tying and bale discharge functions will be automatic. As bales are produced, they will be stacked in a cold deck for re-loading when a truck load has been accumulated.

To begin the analysis, the performance of the conventional system was simulated on a 14.5 ha (36 acre) mixed pine hardwood stand in the Upper Coastal Plain of the deep South. The stand contained about 147 m^3/ha (28.5 cords per acre) of pine pulpwood, slightly over 26 m^3/ha (5 cords per acre) of hardwood pulpwood and 250 merchantable trees per acre. The projected costs and revenues of this system are presented in Table 1.

Table 1. -- Costs and Revenues of Conventional System on 36 Acre Mixed Pine-Hardwood Stand.

Stumpage Costs	$15,479.
Harvesting Costs	$11,965.
Hauling Costs	$8,269.
Total Costs	$35,713.
Total Revenue	
Pulpwood-2540m^3 (1216 cords)	$41,538.
Profit	$5,825.

Next simulation of the productivity of the system modified to incorporate the baler was performed on this same stand. An additional productivity of about 112.3 tM (50 tons per acre) or about 93m^3 (18 cords) of residues from limbs, tops and the removal of non-merchantable trees was obtained. The projected costs and revenues of the modified system are presented in Table 2.

Table 2. -- Costs and Revenues of Modified System on 36 Acre Mixed Pine-Hardwood Stand.

Stumpage Costs	$17,290.
Harvest Costs	$21,660.
Haul Costs	$12,742.
Total Costs	$51,692.
Total Revenue	
Pulpwood-2540 m^3(1216 cords)	$41,538.
Residue-1646tN (1811 tons)	$17,481.
Revenue	$59,010.
Profit	$7,318.

For the economic analysis all equipment prices were assumed to be late 1979 prices. Capitalization of the conventional system is shown in Table 3.

Table 3. -- Capitalization of Conventional System

Bobcat 1075	$34,000.
2 JD 540 Grapple Skidders	$90,000.
Prentice 210 Loader	$31,500.
2 Fleetstar 2070A Tractors	$70,000.
4 Chancey Longwood Trailers	$36,256.
	$266,838.

Capitalization for the system modified to incorporate the baler, increased investment to about $336,000 under the assumption that the baler would cost about $70,000. This information is presented in Table 4.

Table 4. -- Capitalization of Modified System

Bobcat 1075	$39,000.
2 JD 540 Grapple Skidders	$90,082.
Prentice 210 Loader	$31,500.
Residue Baler	$70,000.
2 Fleetstar 2070A Tractors	$70,000.
4 Chancey Longwood Trailers	$36,256.
	$336,838.

Since this comparison is a simple modification to a conventional system the economic feasibility of incorporating the baler to produce residues can be best assessed from an incremental standpoint. Table 5 presents the costs for the conventional system, the modified system and the difference in costs associated with the recovery of logging residues.

Table 5. -- Comparison of Conventional and Modified System Costs

	Conv. System	Mod. System	Incr. due To Baling
Costs	$35,713.	$51,692.	$15,979.
Revenue	$41,538.	$59,019.	$17,481.
Profit	$5,825.	$7,318.	$1,493.

Lastly, Table 6 demonstrates the calculations required to determine the product value of the residues needed to return 30% before taxes on the additional investment in the baler, with and without a site preparation credit of $100.00 per acre as a result of full resource recovery.

It should be noted that this comparison does not point out the other advantages of baling, such as in-wood storage, transportation from the concentration yard to the mill, and storage of the material at the concentration yard and at the mill site.

It is our belief that if full resource recovery systems, that is harvesting of all stems above 2" DBH, are to be widely used, they must be designed to place this capability in the realm of the conventional operator in order to insure an increased and regular flow of this material and application of these systems on the small privately held tracts. If our assumptions are reasonable, the above exercise demonstrates that baling does offer the potential of meshing well with small to medium sized conventional independent contractor operations, and allows him the opportunity to produce logging residues which may find a market as an industrial fuel, fiber, or even as fuel for farm and home heating.

Table 6. -- Calculations of Revenue Required Per Ton to Generate a 30% Before Tax Rate of Return.

$$\text{Revenue Required per ton} = \frac{(\text{ADCI} + \text{PVADCI}) \times 1/\text{PVF}}{\text{tons of residue produced per year}}$$

Where:

ADCI = Additional Capital Investment
PVADOC = Present Value Additional Operating Costs
PVF = Present Value Factor

without $100.00 per acre site prep credit:

$$\text{Revenue Required per ton} = \frac{(70{,}000 + 100{,}623) \times 1/\ 2.43557}{11{,}404} \quad (=\$6.14/\text{ton})$$

with $100.00 per acre site prep credit:

$$\text{Revenue Required per ton} = \frac{(70{,}000 + 77{,}923) \times 1/\ 2.43557}{11{,}404} \quad (=\$5.33/\text{ton})$$

Summary and Conclusions

In summary, it appears at this time that baling offers considerable cost and operational advantages as a method of recovering forest residues for either fiber or fuel.

It should be noted that at this point in time, we consider the prototype as a workable test base for experimentation. Much is left to be done. Specifically, an acceptable infeed must be designed and tested; automatic tying with various types of banding material needs to be investigated; and automatic cycling for the feed, shearing compaction and ejection of the baled material needs to be developed and tested.

A few years ago wood residues for energy would have been considered as an unconventional idea or one which was considered obsolete. However, the economic and political changes since 1973 have resulted in a major re-evaluation of what is conventional. Baling may be another unconventional idea whose time has come.

References

1. Jolley, J. Douglas, 1977. Analysis of the Baling Concept for Increased Fiber Recovery on Harvested Forest Sites. Unpublished Masters Thesis, VPI & SU, May 1977.

2. Porter, Carl D., 197 The Economic Feasibility of Modifying Six Conven al Harvesting Systems to Recover Logging Residues for l and Fiber. Unpublished Masters Thesis, VPI & SU, May .977.

ing

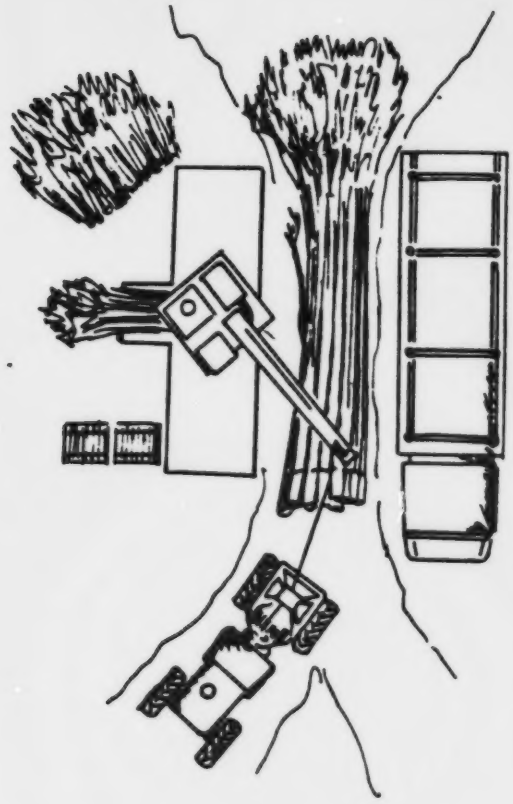


Figure 1. Whole Tree Skidding and Baling at the Landing.

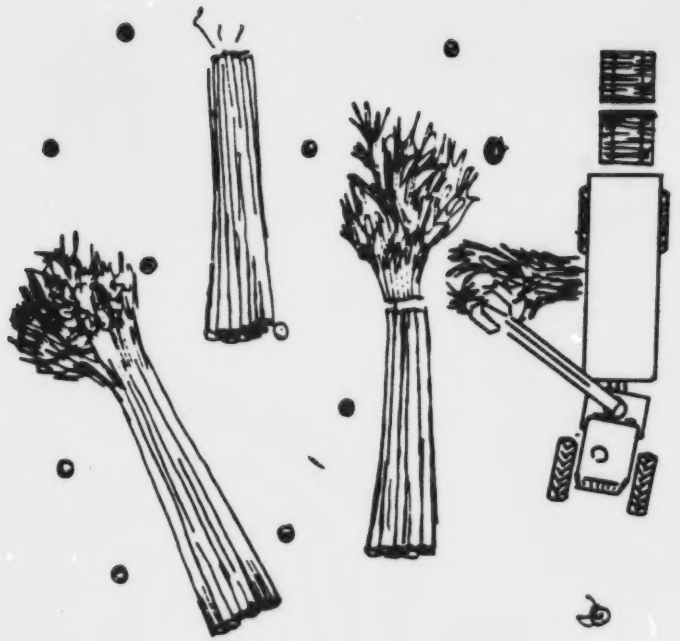


Figure 2. Baling of Tops and Limbs from Feller-Buncher Piles.

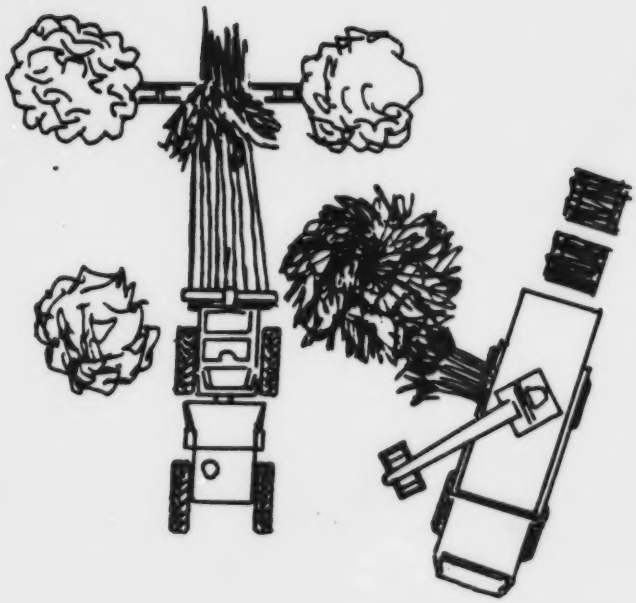


Figure 3. Baling of Tops and Limbs Resulting from Grid or Gate Delimbing.

Figure 4. The Prototype Baler

Figure 5. Bales of Hardwood Tops and Limbs.

Development of the Swathe-Felling Mobile Chipper

Peter Koch and Thomas E. Savage

ABSTRACT—A harvesting machine and auxiliary equipment are being developed to recover logging residues as chips for fuel and fiber, and to deliver these chips to mills at about $18 per green ton including 30 percent pre-tax profit on the equipment investment. The harvester, a 375-horsepower tracked mobile chipper equipped with a front-mounted felling bar, was field-tested on red alder stands (Alnus rubra Bong.) north of Seattle, Washington, during July and August 1979. On the basis of these preliminary tests, the institutions and companies cooperating in the development have scheduled extensive southern field trials for 1980. If the machine meets its performance goals, it could harvest 30,000 tons of green cull wood from about 1,500 acres annually.

Conversion of unmanaged southern forests to pine plantations and cultivation of ensuing rotations necessitate brush control, thinning, and disposal of logging slash. In the South, brush is usually controlled by periodic prescribed burning or by injecting or spraying with herbicides. Trees are thinned by many mechanical methods, all of which waste tons of wood. After crop trees are felled, the tops, branches, stumps, and noncommercial trees are usually windrowed and burned to facilitate planting of the new stand.

This paper describes a way to accomplish these operations with a mobile machine that chips residual wood and delivers the chips into mobile bins that carry them to roadside piles. Such chips can serve as fuel or fiber for nearby mills. The system is an adaptation of that suggested by Koch and McKenzie (1976).

Besides providing a degree of energy self-sufficiency for timber companies operating mills, the system proposed has several other benefits:

- Changes the capital investment for site preparation to a harvesting expense.
- Should improve public reaction to harvesting because it eliminates waste wood and unsightly slash.
- Eliminates the smoke that occurs in windrow-and-burn operations.
- Compared with the windrow-and-burn system, increases (by perhaps 10 percent) the plantable area—because not all windrows are completely burnt.
- Protects land productivity, because scalping inherent in pile-and-burn operations is eliminated.
- Hastens replanting by several months, because harvesting accomplishes site preparation.
- Because no wood is skidded over the ground, wood delivered via mobile chipper and chip forwarding bins should be essentially free of dirt.

The first step in making the proposed system practical was to develop a commercial mobile harvester. After considering many designs, we decided on one in which a ground-level cylindrical felling bar feeds a drum chipper (*fig. 1*). Material from a drum chipper is easier to handle in conveyors than chunks from a hammer-type hogging head. Also, chips have more potential than chunks for use in fiber products, which are more valuable than fuel.

To develop a prototype commercial machine, the Southern Forest Experiment Station of the Forest Service, five timber companies with southern operations, and Nicholson Manufacturing Company signed a cooperative agreement in March 1977. The U.S. Energy Research and Development Administration (now the Department of Energy) contributed substantially to the cooperatively funded effort.

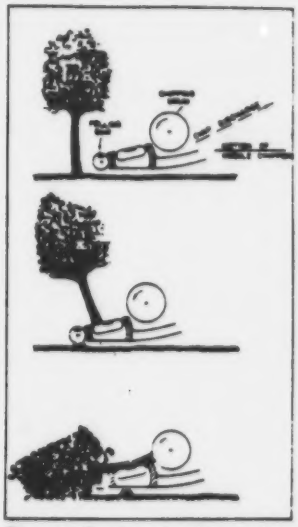


Figure 1. Concept of mobile machine with a felling bar arranged to feed a drum chipper. (Top) Approaching tree. (Center) Butt of severed stem thrown rearward to rest on live bed. (Bottom) Felled tree moving into drum chipper through feeding action of felling bar and live bed, self-feeding action of drum chipper, and forward motion of the machine.

Performance goals were that the machine should:

- Operate primarily on terrain that is stone-free, has a slope of 30 percent or less, and supports 8 psi in wheel or track pressure.
- Harvest one acre per hour at 1 mile per hour on land averaging 25 tons (green weight) of logging residue and standing culls per acre.
- Fell and chip southern hardwood and softwood stems up to 12 inches in

diameter (measured 6 inches above ground level) while moving at 1 mile per hour.
- Mill off the top of 12-inch diameter stumps to 6-inch height while traveling at 1 mile per hour (larger stumps at slower speeds).
- Pick up and feed into the drum chipper the tops, branches, and cull stem sections left by loggers.
- Chip felled stem sections up to 19 inches in diameter if properly oriented to the in-feeding hopper and if large limbs are notched by chain saw for improved feeding.

Testing the Concept

Koch and Nicholson (1978) reported early trials of the felling-bar concept. Tests during summer and autumn of 1977 measured horsepower, feed thrust needed parallel to the ground, and down thrust on the bar. In January 1978, a felling bar was coupled with a drum chipper (as shown in *figure 1* but without the live bed between felling bar and chipper) and power requirements were monitored while the machine felled and chipped stems of several hardwood and softwood species.

Commercial Prototype

After these tests, a commercial prototype was designed for assembly on the lower hull, undercarriage, and lengthened tracks of an FMC skidder (*cover photo* and *figs. 2, 3,* and *4*). The machine has a 575-horsepower Cummins diesel engine, which powers all functions (*fig. 5*). To better feed brush and logs into the drum chipper, the machine has two semi-vertical side-feed rollers; their direction of rotation can be reversed so that stems lying crosswise to machine travel can be moved for easier pickup. The cab is positioned to give the operator a view of the felling bar. Placed above the bar is a pivoted crowder hydraulically actuated to push brush into the drum chipper (*figs. 2* and *3*) and to break stems that lie transversely across the front of the machine.

The chipper is 9 feet and 2 inches in width and 26 feet long. With the chip spout lowered for travel, the machine's height is 11½ feet. Other specifications are:

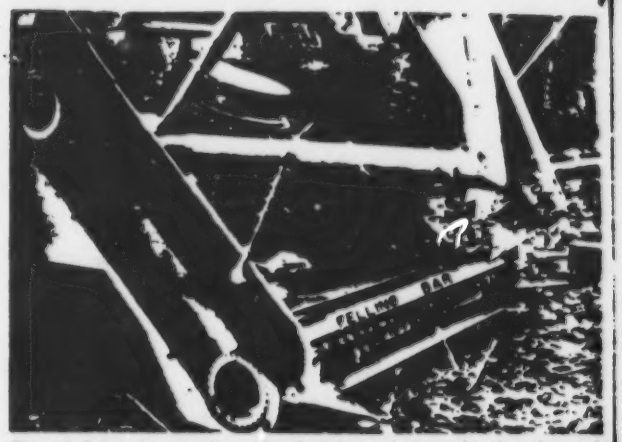


Figure 2. Felling bar extending width of machine and arranged to thrust butt-ends of severed stems toward drum chipper at upper center. Access door to felling-bar drive open to expose belt driven by hydraulic motor. Crowder bar shown partially depressed. Two toothed rolls set horizontally in lower surface of chipper throat will be replaced by a live bed.

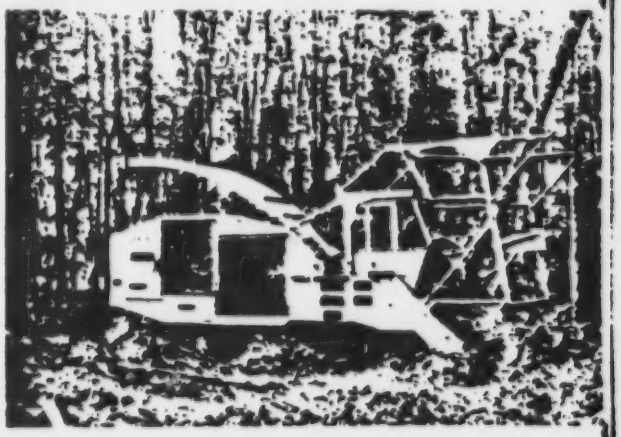


Figure 3. Felling an 11-inch red alder. See cover photo for sequence.

Gross vehicle weight	72,000 lbs.	Nominal feed speed	136 ft./m
Approx. ground contact area with 2-inch penetration of tracks	6,740 sq. in.	Felling bar characteristics	
		Cutting-circle diameter	16.5 in.
Approx. ground pressure	10.7 psi	Length	93.5 in.
Drum chipper characteristics		Number of knives	4
Cutting-circle diameter	48.0 in.	Rake angle of knives	38.5°
Spout width	47.5 in.	Rotational speed	0-600 rpm
Number of knives	3	Clearance above ground	2 to 7 in.
Rake angle of knives	52.5°	Diameter of side feed rolls	24 in.
Drum speed	544 rpm	Machine ground speed	Creeping to 3 mph

This commercial prototype was first tested in the field during the summer and early fall of 1979 in stands of red alder north of Seattle, Washington. The trees were closely spaced, and the machine functioned best when operated in a race-course pattern on the stand periphery. When it penetrated directly into a dense stand, severed stems could not fall forward (tree crowns became entangled) and so

Figure 4. Mobile chipper and companion forwarders retrieve logging slash as chips and deposit them in roadside inventory piles. The three machines in combination should be mechanically functional (available) at least 62 percent of the time, and they should all operate at least 75 percent of the time they are available, nonoperating time should therefore be 46.5 percent of scheduled time (i.e., 0.75 × 0.62 = 0.465). If the machine is scheduled 7 days per week, 9.6 hours per day, 48 weeks per year, actual operating time should total about 1,500 hours during which time it should harvest about 1,500 acres. If 20 tons (green basis) are delivered to the mill fuel pile from each acre, annual harvest should be about 30,000 tons of fuel chips.

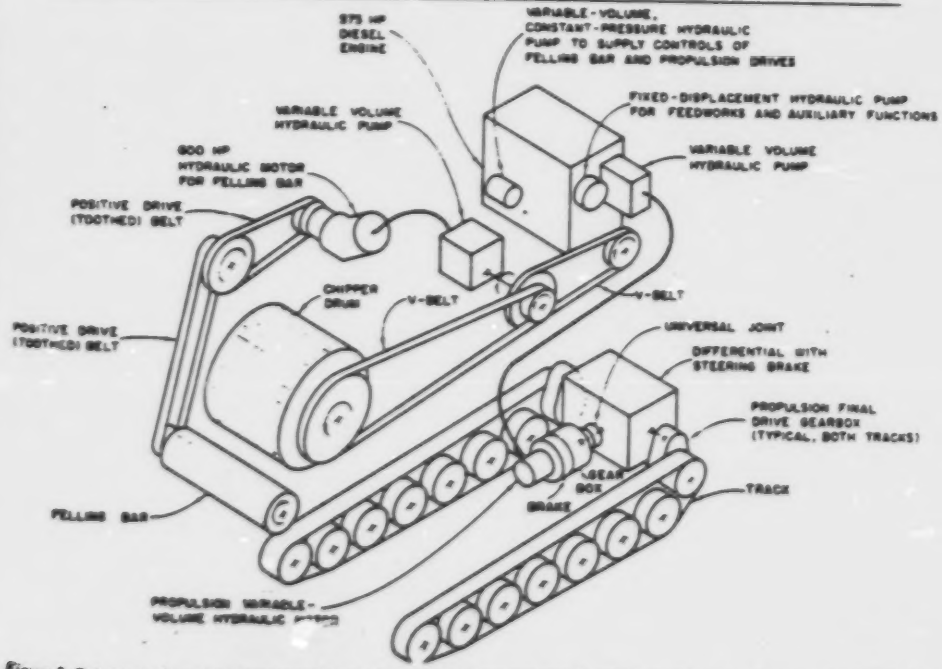


Figure 5. Drive train from diesel engine to felling bar, drum chipper, and tracks. The hydraulic motor is powered primarily by the diesel engine, but its short-term peak load capacity is increased by the flywheel effect of the chipper drum.

failed to get oriented for self-feeding into the chipping drum.

The felling bar, revolved at low speed, effectively picked up woody debris from the ground and delivered it to the chipping drum (*fig. 2*). When picking up logging slash and down trees, the machine worked best if stems were aligned parallel with machine travel. Pickup was least successful when stems lay transverse to machine travel. The crowder bar proved able to break 6-inch alder stems that lodged across the feed rolls, but its effectiveness will be enhanced by increasing its stroke speed. The crowder bar successfully thrust clumps of wood and brush toward the drum chipper.

Horsepower and speed were adequate for alder; when harvesting southern oaks and hickory the speed will be slower. Large-diameter stumps not visible to the operator may cause unplanned overloads. If the operator sees such stumps in time, he can slow forward travel or raise the felling bar a few inches (7 inches is the maximum) to clear some of them. Turning radius is large (about 40 feet) and steering control needs some improvements through more positive braking action, rearrangement of the steering-brake shoes, or addition of a system to lock the inside track during turns.

The cooperators were well impressed by chipper power, by the appearance of the site after harvesting (*fig. 6*), and by chip quality (*fig. 7*). Stump height—1 to 7 inches—was generally considered acceptable, although several observers felt that these stumps would require use of dibble-type planters rather than the simple and inexpensive coulter-type planters more common in the South. This is a critical issue, as a credit for site preparation of about $75 per acre seems needed to economically justify use of the machine. Stumps, even when cut flush with the ground, interfere with coulter-type planters. If stumps are not over 6 or 7 inches high and not too numerous, a coulter-type planter with short turning radius can circumvent them. Resulting tree rows will not be straight, and spacing will vary, depending on number and size of stumps.

During the Seattle trials, frames were added to the front of the machine to help in directing the forward fall of severed trees (*fig. 3*). It also became evident that a live bed is needed to form the lower surface of the chipper throat between felling bar and drum chipper (*fig. 1*); such a bed would help thrust the butt of a severed tree toward the drum chipper. Additionally, knife geometry on the drum chipper must be designed to promote aggressive self-feeding.

The cooperators now plan extended field trials in the South. These southern trials, which will include extensive evaluation by Forest Service engineers, should begin during early 1980 near Auburn, Alabama. The manufacturer will then modify the design to improve performance and Forest Service engineers at Auburn will again test the machine. After these shakedown trials, performance will be studied during the spring, summer, and fall of 1980 on the cooperators' lands in the Carolinas, Louisiana, and Arkansas. Also, its effectiveness in site preparation will be evaluated by Forest Service silviculturists at Auburn, who will study nutrient leaching losses, woody and herbaceous vegetation control, and forage growth.

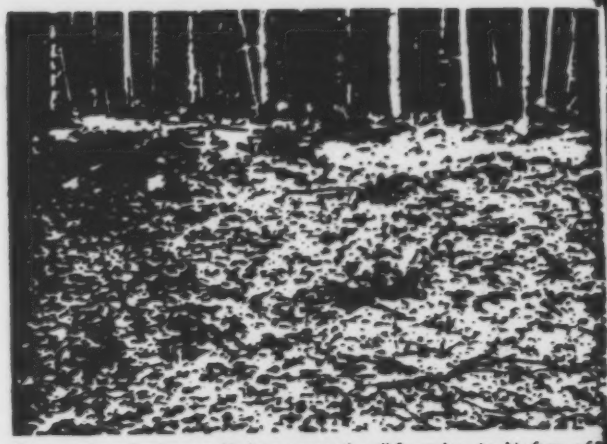
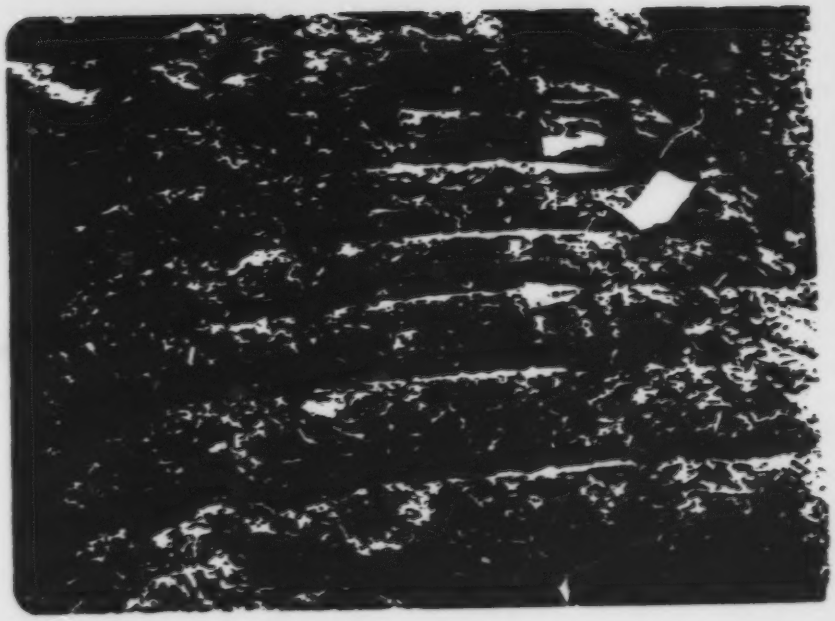


Figure 6. Site after harvest. Performance goals call for pickup, in chip form, of 85 percent of the cull wood present on each acre harvested.

Figure 7. Red alder chips from drum chipper. Pen in center of photo is 5.5 inches long.

.Jan. 1983
Bagasse was baled in an HRB-IC using a Brainard .625 x .030 high strength polyester strapping material.

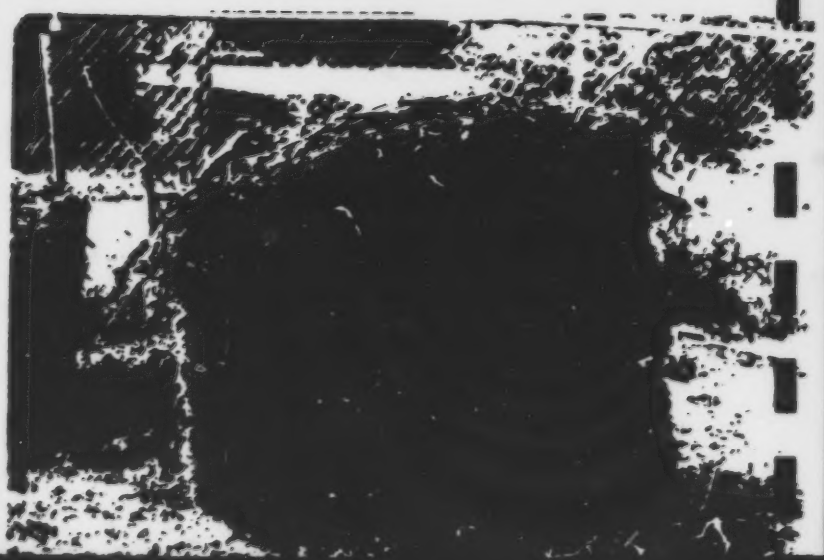
.Ram face pressure was 125 psi.
.Bale density was 30#/cu. ft.
.No straps failed.



.(4) four bales were made and strapped with ease.
.Brainard strapper recommended for this application.
Model Titan VK10
All electric
Heat seal joint
High strength polyester straps.

HRB-10 bale drop test
from 16 ft. elevation

All but 2 straps failed.
NOTE: Wire tie prevented plastic from failing.
NOTE: Minimal expansion w/o straps. Bale was retied with steel bands and brought back to original density

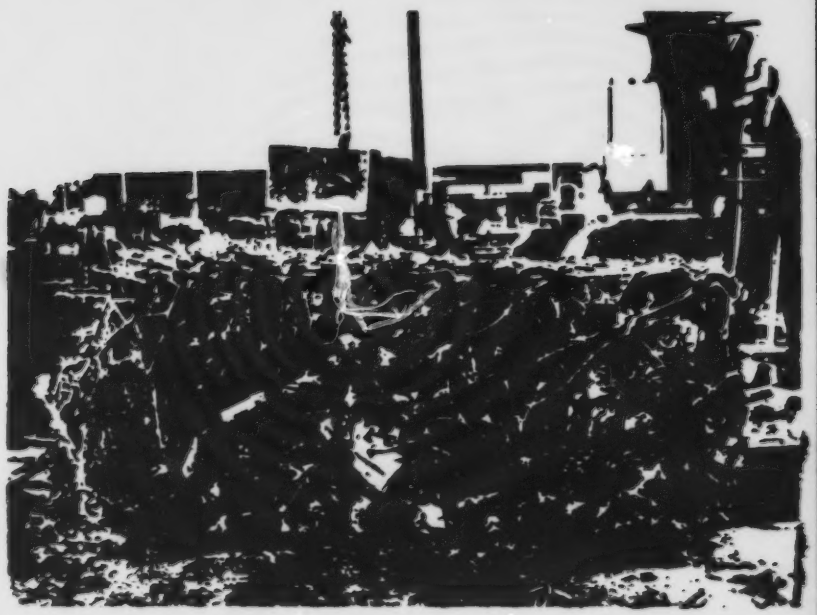


HRB-10

Recording bale strap tension and growth in bale size. Bale size stabilized in 24 hours.

HRB-10

Wire tied bale using U.S.S. automatic wire ties and 11 gauge H.S.S. wire.
.8 straps used.
.Bale wt. 1375 lb .

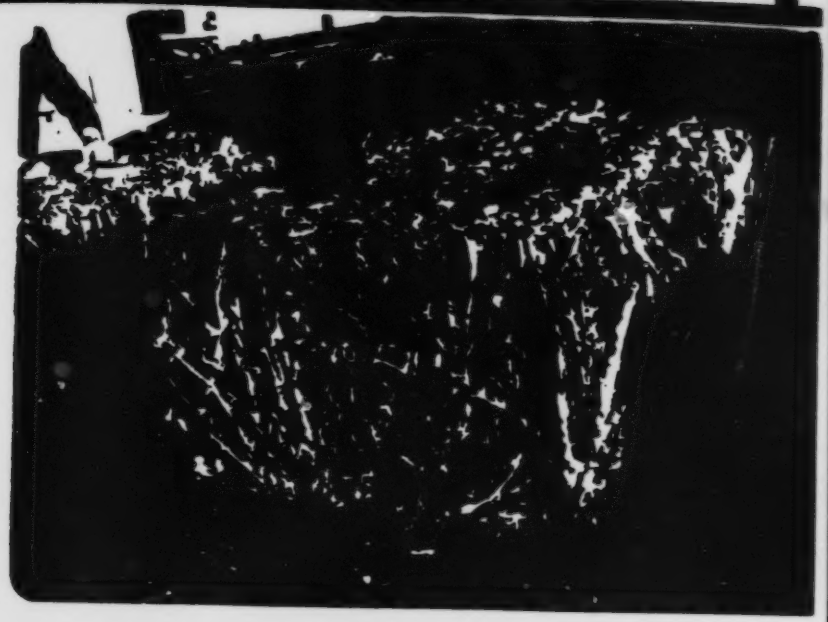


HRB-10

.Note: Ends of bale are square and edges sharp.
.All bales handled by fork lift without damage to straps or integrity of the bale.

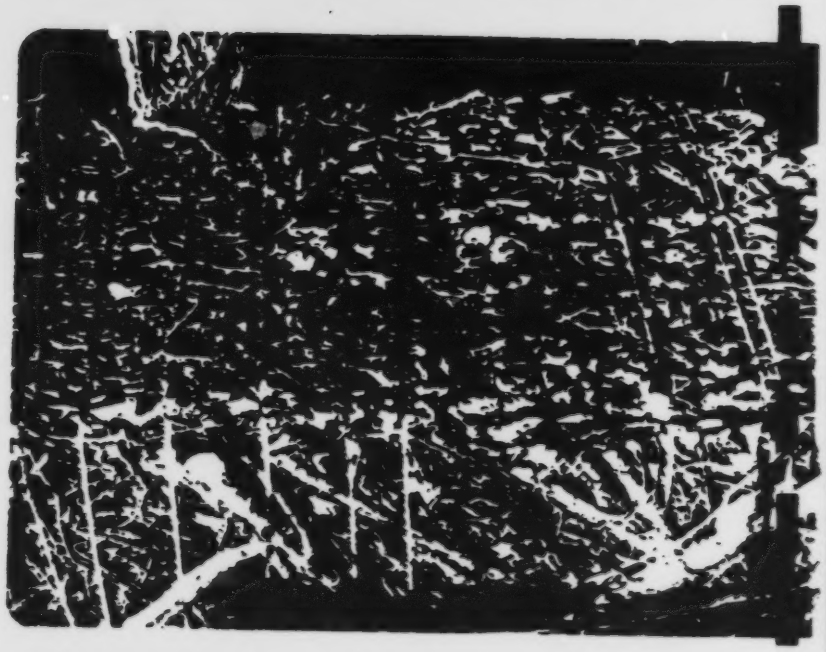
HRB-10

Bale relocated
by fork truck.
Signode engineer
checking strap
tension.



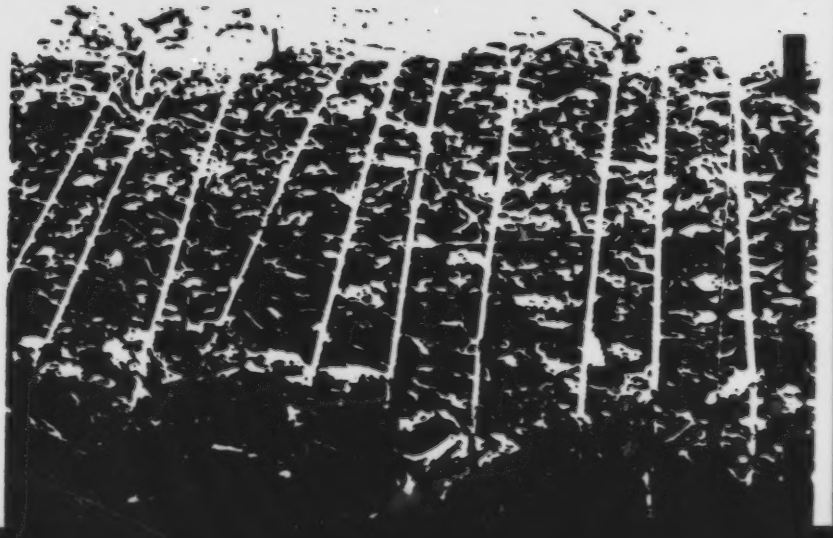
HRB-10

Two (2) straps failed
at the metal clip
joint but 9 of the
11 still retain bale
at desired density.
.Bale wt. 1435 lb.
.9 plastic straps.



HRB-10

(10) straps - none failed.
(1) wire tie on RH side.
.Bale wt. 1465 lb.
.10 plastic straps.

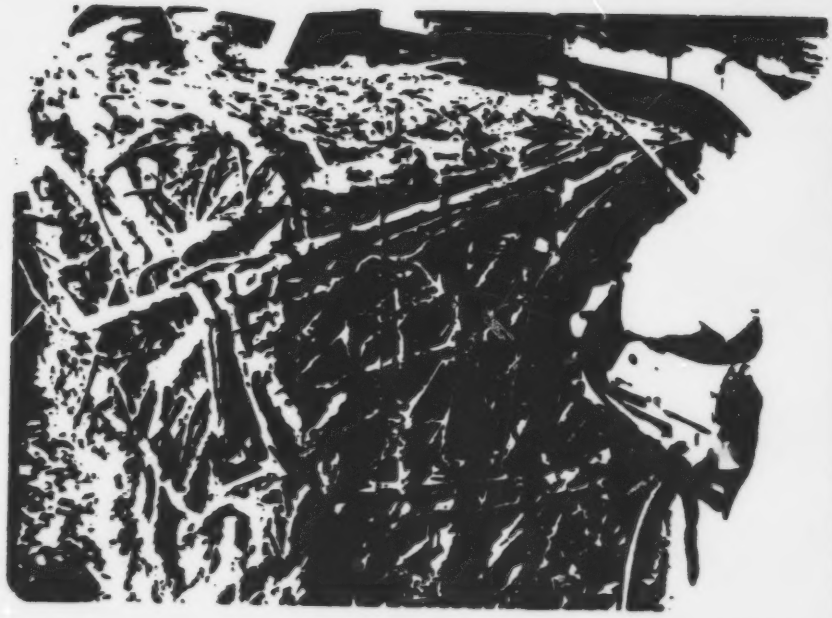


HRB-10

Material fed into hopper. Material size up to 4" in dia. x 10-12 ft. long

HRB-10

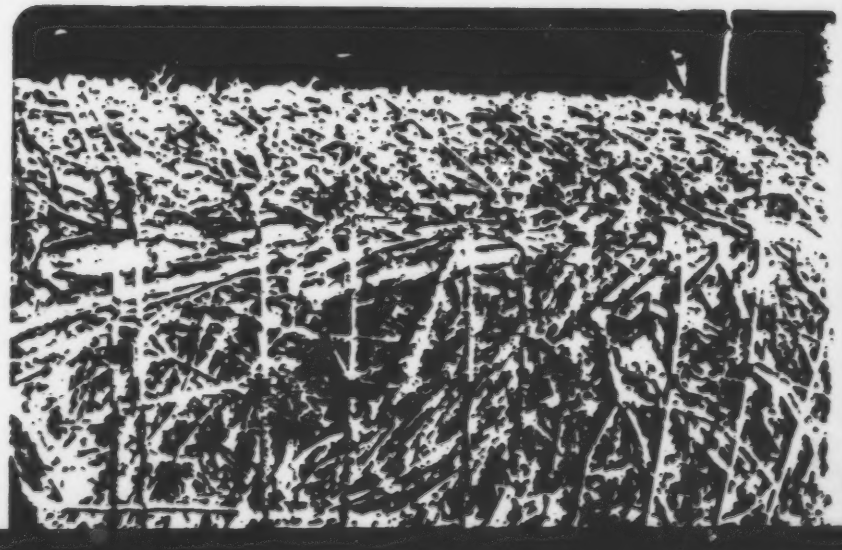
Bale being ejected in increments of approx. 10 inches. Signode plastic straps are being applied with hand tool. Orange metal clips form a mechanical joint.



HRB-10

Finished bale with 11 plastic straps.

Bale edges are sharp and straps are holding.

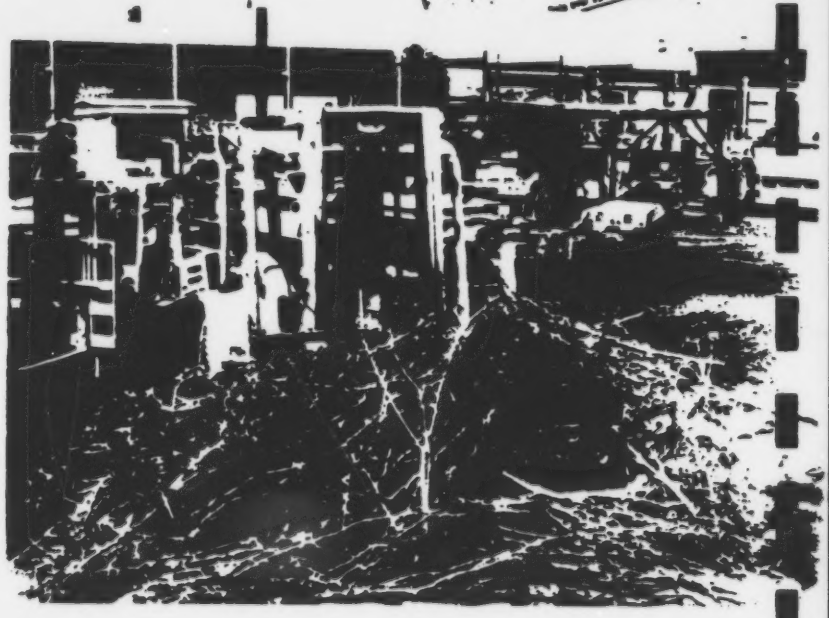


HARRIS HRB-10

First compression ram cuts and compacts material with several strokes. Second compression ram ejects bale through automatic wire tier.

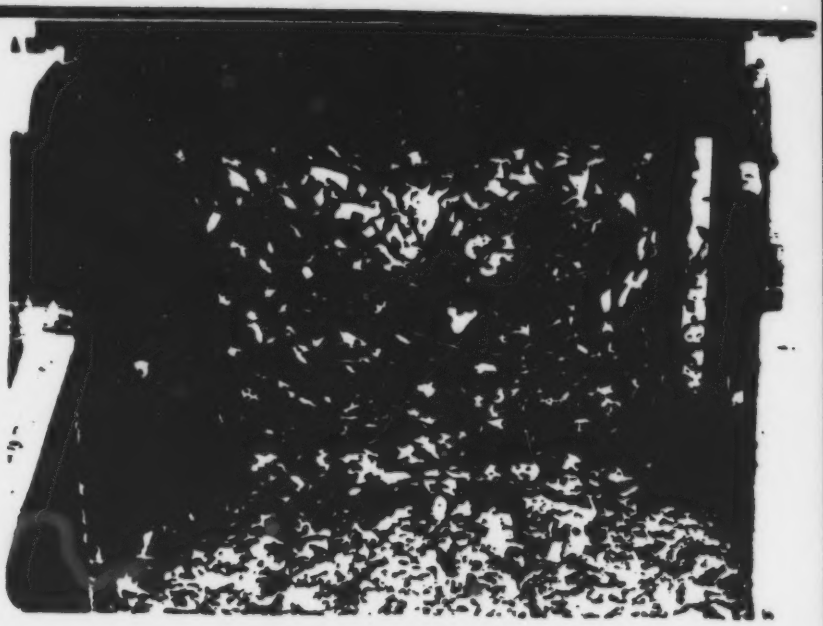
HRB-10

Georgia scrub oak used in baling tests. Material size was up to 4" diameter and 10-12 ft. long.



HRB-10

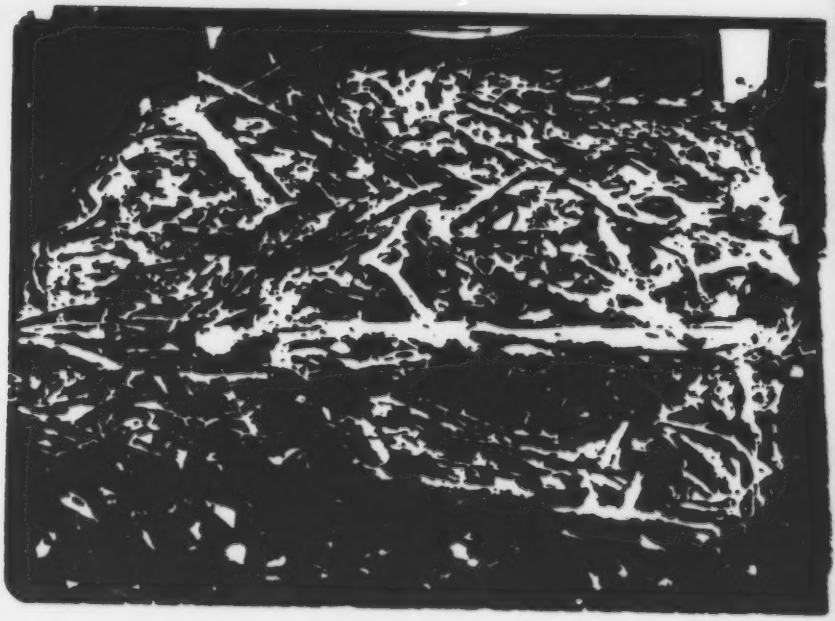
Charging hopper was small and material had to be forced down into chamber.



PB-24x28

Bale exiting chamber with bale door open.

Note clearance on sides of bale - lateral and vertical expansion is very limited.

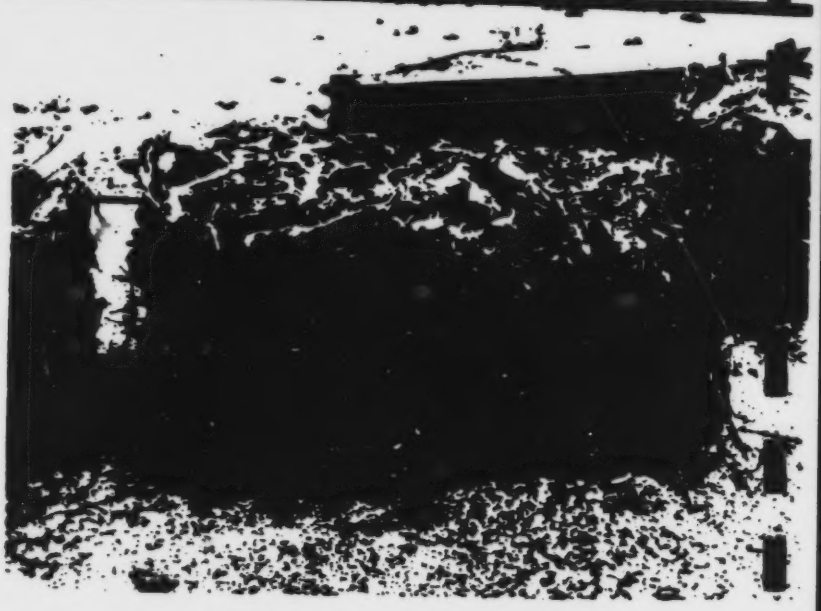


PB-24x28

Bale completely ejected. Note sharp bale edges. Bale is expanding lengthwise.

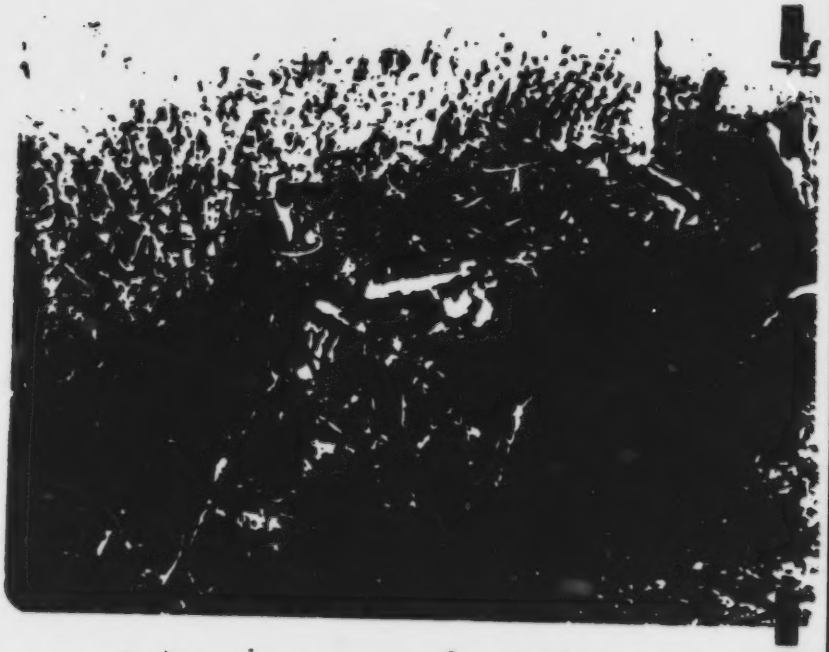
PB-24x28

Bale was removed from machine with a fork lift and the three wire ties were made on the ground with a manual U. S. Steel wire tier using 12 gauge H.S.S. wire. Bale density after strapping was 29#/ft^3.



PB-24x28 Bale

Wire ties across direction of compression.

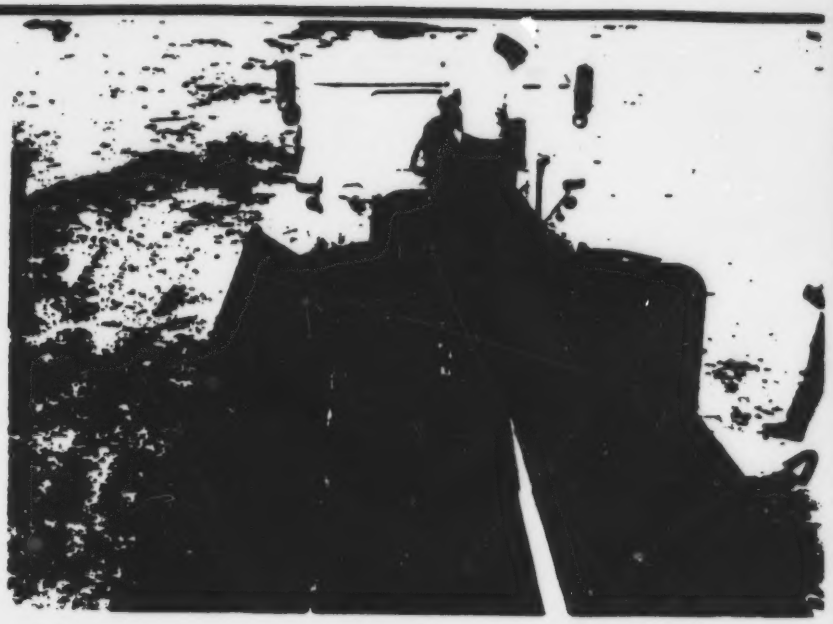


PB-24x28 Bale

Wire ties in the direction of compression.

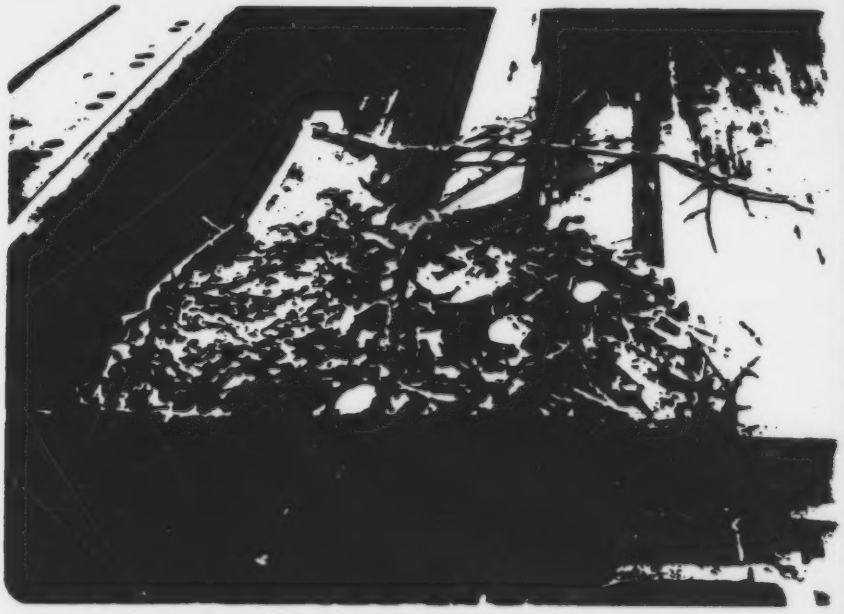
PB-24x28 Bale

1-1/4 straps in direction of compression. This is same bale as top photo except restrapped with Signode bands.



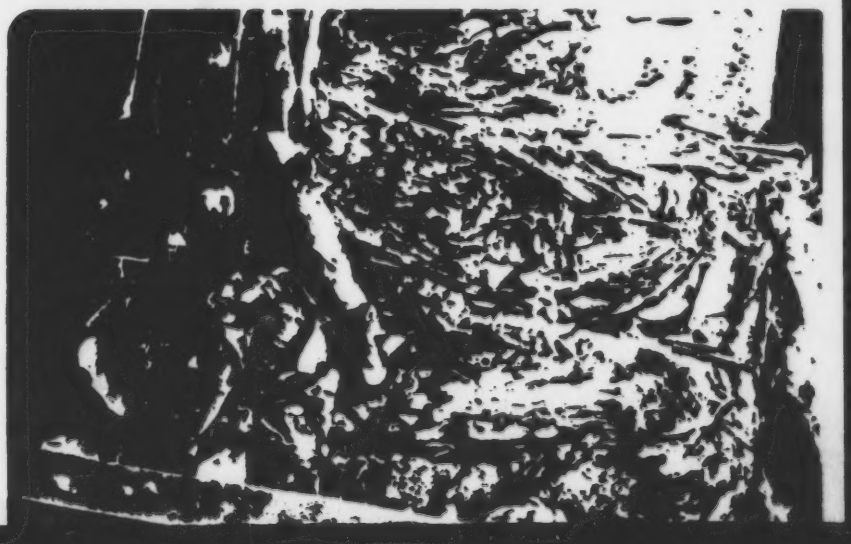
PB-24x28

Charge compressed - box open for inspection. In chamber densities of up to 49#/ft^3 were obtained on bale weights of 274 - 617 lbs.



PB-24x28

Closer view of bale.



PB-24x28

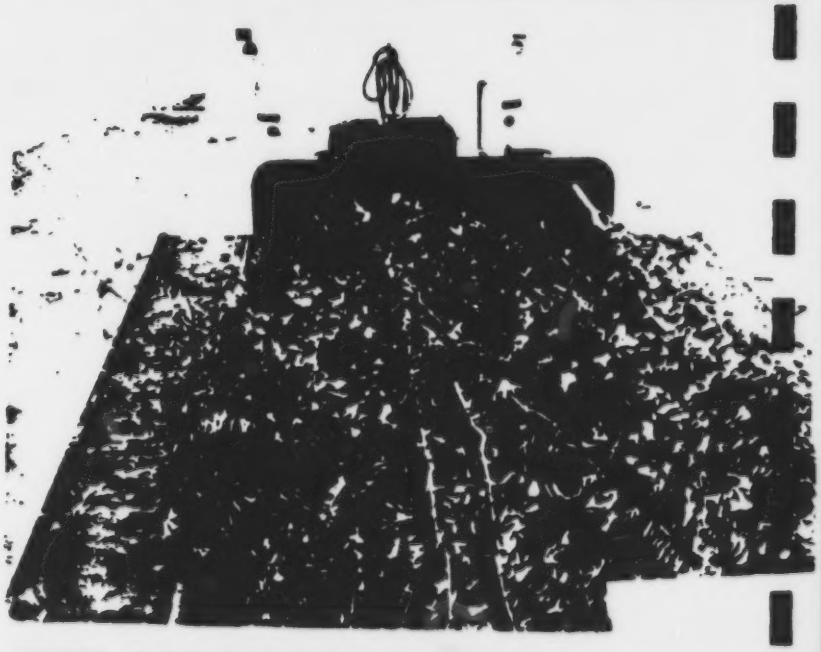
Note physical damage to larger chunks of wood.

HARRIS PB-24x28
PORTABLE SCRAP BALER

Bale Chamber 24" x 28".
Bale length is variable.
Folding Box concept.
Open box has floor
width of 80".

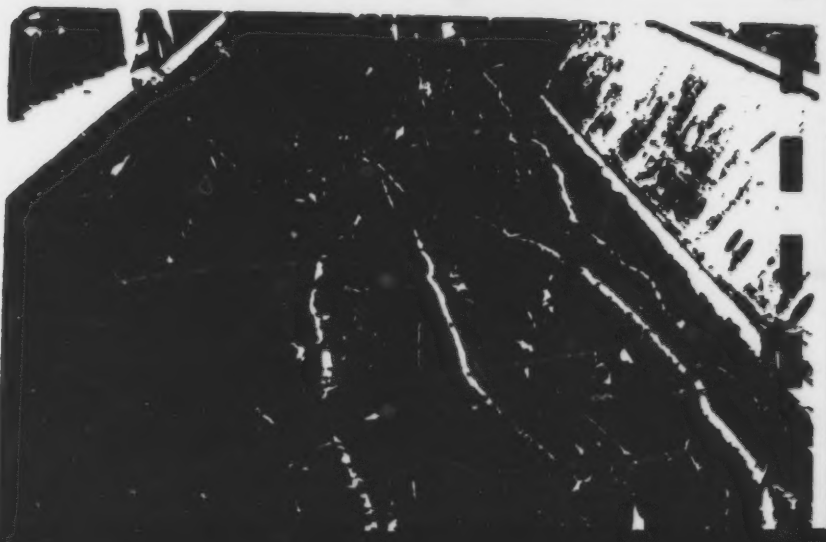
PB-24x28

Material to be baled
is Georgia scrub oak
with diameters up to
4" and length 10'-12'.



PB-24x28

Folding box was
closed and reopened
for inspection.



BIOMASS BALING TESTS

JULY - SEPTEMBER 1982

by

WALTER D. FAST

R & D MGR.

HARRIS PRESS AND SHEAR, INC.

CORDELE, GEORGIA 31015

TEL. 912/273-2500

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT	Pg. 2
INTRODUCTION/BACKGROUND	Pg. 3, 4
TEST DESCRIPTION	Pg. 5, 6
RESULTS GRAPHED	Pg. 7
BENEFITS OF BALING	Pg. 8
CONCLUSION	Pg. 9

ABSTRACT

Baling forest residues, orchard prunings, and other woody biomass is an excellent way of densifying this material for ease of handling, transportation economy, and minimization of storage space. Bales can be stacked in the woods, at roadsides or at the point of use for beneficial weight loss from air drying.

Baling can be done independent of the harvesting or clearing operation, thus providing greater flexibility in the selection and scheduling of transportation equipment.

The use of high strength polyester strapping material allows the processing of whole bales through the hopper or directly into furnaces for the production of energy.

INTRODUCTION

The Research and Development Department of Harris Press and Shear, Inc. of Cordele, Georgia, has followed developments in the area of energy production from biomass since the oil embargo of 1974. Increasingly greater emphasis has been put on energy self sufficiency since that time. Alternate fuels from renewable resources is being evaluated much more seriously in these times, and as a result, electric power and co-generation plants are beginning to rise around the country. In many cases, flexibility to use more than one fuel is provided so that the lowest cost fuels can be used. Also, co-firing of various fuels has been found to be cost effective.

Biomass fuels are now beginning to be competitive. What is holding back this development is the lack of guaranteed supplies at reasonable and predictable prices. Arrangements are being developed, for example, between rice farmers and power plants where the straw is made available at no charge in exchange for guaranteed removal. Pilot programs by the Forest Service are indicating the viability of a thinning program in which yields are increased and forest fires prevented. Along with product sales of lumber, chips and hog fuel, the situation appears more optimistic. Regulations on burning of orchard prunings is giving farmers the incentive to allow biomass recovery operations on the edges of their orchards.

During the last ten (10) years, Harris has demonstrated through extensive testing programs that materials such as peanut hulls, straw, wood chips,

bark, garbage, bagasse, etc. can be baled. Relative merits of various baling pressures have been studied with regard to heat generation moisture removal and material characteristics.

In July 1982 we began testing the feasibility of baling woody biomass in the form of orchard prunings in California and scrub oak from a land clearing operation in South Georgia. The need for material densification for improved material handling and transportation along with the benefits of drying and weight reduction during storage without material degradation or fire hazard was indicated to us during a survey conducted in the N. W. in 1982. There was also an expressed desire for an alternative to "in the woods" chipping and "bulk" residue transportation.

TEST DESCRIPTION

Three types of equipment were used to densify biomass. A Harris TG-801 is a three-compression metal baler which can apply a final compression of 1400 p.s.i. Prunings from almond orchards were processed into a bale that required no strapping to handle and transport. A portable metal press - the Harris PB-24x28 equipped with a folding box precompression, was used to bale Georgia scrub oak to a final pressure of 800 p.s.i. Strapping was applied manually. The Harris HRB-10 baler typically used in the paper recycling industry was equipped with automatic strapping means and was capable of applying 400 p.s.i. compressive force to bale scrub oak.

The materials to be baled, both the almond prunings and the scrub oak had a moisture content of about 35% with age of (2) to (4) weeks. Butt diameters were 4" maximum and lengths were up to 14 ft.

Densities of the materials under compression vs. ram force were logged in 100 p.s.i. increments. See attached curve which describes the densification abilities of these machines.

The TG-801 and the PB-24x28 are scrap metal balers, and we found that more pressure was exerted than was really necessary. There was considerable material damage due to the high compressive forces, and the bales retained their shape during ejection and removal without the use of strapping materials. The bales were strapped on the ground because they did expand with time.

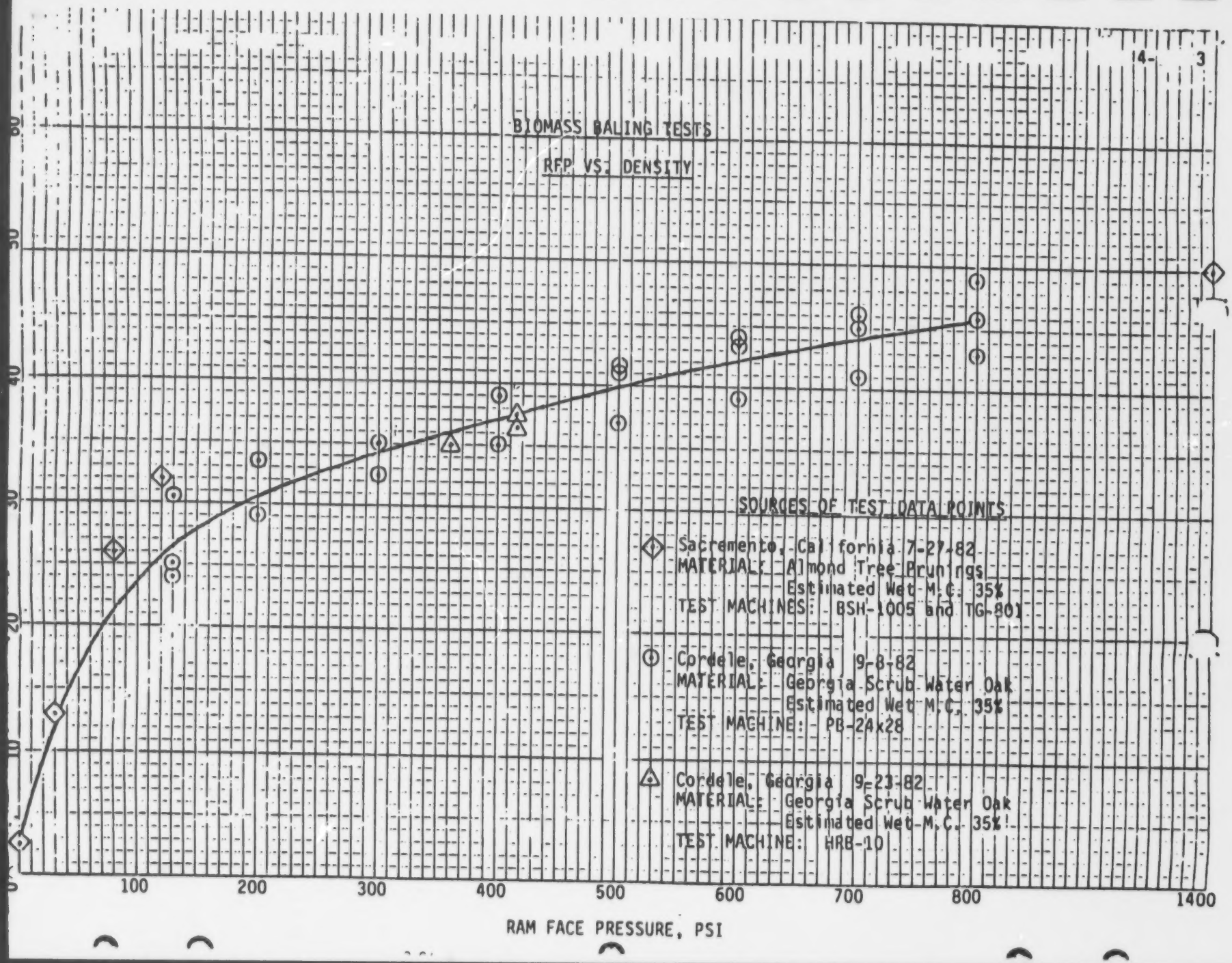
The HRB-10 baler created very good bales with sharp edges. The machine required at least 10 strokes due to the difficulty of charging the material into a relatively small hopper. The bales were tied either with 11 ga. round wire or polyester strapping material. The expanded density exceeded our goal of 25#/cu. ft.

During the storage and drying process the bales lost a significant amount of weight due to moisture loss. After a heavy rain, however, the polyester straps broke due to biomass swelling. A heavier and stronger polyester strap was subsequently tested with success.

As a result of these tests, Harris decided to develop a trailer mounted biomass baler capable of precompressing a 1400 lb. charge of branches, tree tops, small trees, etc. and then apply enough pressure (250 - 400 p.s.i. RFP depending on the material) to compress this material into bale form, subsequently to be tied with polyester strapping material for retention of required densities.

Our baler concept features a folding box for precompressing a high volume low density charge in preparation for final densification. The main ram packs the material into the baling chamber from which it is ejected 90° to one side through an automatic polyester strapper.

Expanded bale size is estimated at 30 x 45 x 60 for a 1400 lb. charge. Throughput will be about 15 tons per hour using a 205 HP engine. The unit is designed integral with a tri-axle trailer.


BIOMASS BALING TESTS
RFP VS. DENSITY
SOURCES OF TEST DATA POINTS
Sacramento, California 7-27-82
MATERIAL: Almond Tree Prunings
Estimated Wet M.C. 35%
TEST MACHINES: BSH-100S and TG-80T
Cordele, Georgia 9-8-82
MATERIAL: Georgia Scrub Water Oak
Estimated Wet M.C. 35%
TEST MACHINE: PB-2Ax28
Cordele, Georgia 9-23-82
MATERIAL: Georgia Scrub Water Oak
Estimated Wet M.C. 35%
TEST MACHINE: HRB-10
100
200
300
400
500
600
700
800
1400
RAM FACE PRESSURE, PSI

BENEFITS OF BALING

1. Baling can be done integral with, or independent of, harvest operation.

2. Baling breaks the interdependence of the process and transportation equipment.

3. Baling requires minimal work space, particularly when equipped with a self-loader.

4. Baling allows for the use of a wide range of transportation equipment such as standard flat bed trailers, flat bed trucks pulling small flat bed trailers, flat railroad cars, open type or deck type barges.

5. Baling allows for storage in the field that is compact, non-degrading, with reduced fire hazard.

6. Baling allows for moisture reduction during storage with resultant improvements in transportation costs and heat value.

7. Baling provides for full payload on transporters due to consistent size and high density. Shape, size and density of the bales can be customized by machine design depending on requirements.

8. Field bale inventory can be transported to the point of use as required by customers without requiring a rigid truck schedule tied to the process. Decisions on the destination of fuel can be postponed until the customer, required volume, and timing are identified.

9. Baling does not require the removal of strapping material before hogging. The polyester or polypropylene can be hogged and burned just like the biomass itself.

10. Baling allows hogging to be done at the power plant using stationary, industrial equipment which can be maintained better and thus provides improved reliability and availability.

11. Boilers can possibly be equipped with appropriate infeed means and grates to handle whole bales without requiring the hogging operation.

12. Baling is a viable alternative to "in the woods" chipping operations.

CONCLUSION

Harris Press and Shear, Inc. have extended the development of the baling technology to apply to the recovery of residues from renewable resources. In order for power plants to remain viable in times of lower oil prices and to increase the use of these alternative materials, a long term arrangement must be developed between those who own or control the resources with the users. An arrangement that guarantees supplies at reasonable, predictable prices is imperative. Guaranteed supplies imply inventories of fuel without significant degradation and fire hazard. Baling provides the means and the advantages including minimal storage space, lower transportation costs, and higher heat values.

WOODY BIOMASS
BALING TESTS
SEPTEMBER 1982

HARRIS PRESS AND SHEAR, INC.
CORDELE, GEORGIA 31015
TELEPHONE: 912/273-2500

Chipping systems for commercial operations

The medium-sized wood combustion boilers in rural districts often need a new organization for their chip supply. The forest owners are encouraged to engage in self-activity and a system based on their own local organization appears to be the best alternative. The Forest Owners' Association will make a long-term contract with the user under which it undertakes on behalf of its members to deliver the chips to the plant. The contract will cover delivery quantities, scheduling, prices, and quality requirements.

The Forest Owners' Association will receive the fuelwood as whole trees or delimbed stems from the forest owners, either bunched alongside the strip road or hauled to the landing. A private contractor, hired by the association, will be responsible for chipping and road transport. Contractors use medium-sized chippers (e.g. the TT 1000 TU or TT 1000 TS) powered by a large-sized farm tractor. Transport is either by farm tractor or by truck.

The forest industry uses forest chips not only as fuel but also as raw material for pulp, particleboard, and fiberboard. The quantities, however, are still very modest. The aim of some enterprises is an integrated system in which the forest chips will be sorted and divided between processing and fuel.

The forest industry always chips small-sized trees complete with branches. The basic solution is a truck-mounted landing chipper (e.g. the TT 1500 L), but in easy terrain conditions a forwarder-mounted terrain chipper (e.g. the TT 1000 F) has proved more economical. The average cost of forest chips at the mill, including a small stumpage price and the overheads, was $70 per bone dry ton in 1979.

Recovery of slash for fuel is still in the experimental stage. The alternatives for chipping in the development program are crushing and baling.

A reliable harvesting technique for stump and root wood has been developed in Finland and Sweden. It is based on the Pallari stump harvester and forwarder transport. The cost level, however, is still too high to make the use of stump pieces as fuel attractive at the prevailing price level.

Ecological considerations

The increasing utilization of fuelwood is based on the effective recovery of biomass from the forests and eventually also from energy plantations. Whatever the conditions, harvesting activity must have an ecologically sound basis. However, intensified utilization tends to have a negative influence on the nutrient resources of forest soil. The main part of the ash from wood, bark, and peat is at present taken to refuse heaps in the absence of a recycling system.

The ash that originates from wood and peat fuels is both a soil improvement agent and a fertilizer. It raises the pH values of the soil and it contains all the nutrients of the biomass, excluding nitrogen. The following is a rough estimate of the quantities of pure ash originating in the Finnish combustion plants from wood and peat at the end of the 1980s.

	To be burned (million t/a)	Ash produced (t/a)
Fuelwood	5,0	40 000
Bark	1,8	64 000
Peat	4,0	200 000
Total	10,8	304 000

The quantity of ash requiring a mechanized recycling technology at the end of the decade will be 250 000 tons. For comparison, the annual forest fertilization area in Finland is 250 000 acres and the quantity of fertilizers spread is 45 000 tons.

The quantities of ash spread per unit of area are large, e.g. 2 tons/acre. The ash produced annually would thus suffice for perhaps 50 000 acres already today. Ash has the most beneficial effect on peatland forests, but it will be necessary at least initially to spread ash also on mineral forest soils so that the machines can be employed throughout the year. Ash spreading solutions are being developed by the Finnish Forest Research Institute and the industry.

Conclusions

Finland is one of the few industrial countries where biomass-based fuels are used on a large scale. Wood and peat are again increasing their share of the energy supply and new conversion methods will most probably be found. The metal and engineering industries have developed a large variety of logging machinery and boilers which have already been accepted by the users. The speed at which the structure of the energy economy can be changed is limited, however, by the time factor, lack of financing, and in some cases also the technology available. The investment cost of a wood-fired plant may be three to five times as high as that of an oil-fired plant.

A large-scale research project on forest energy is being conducted by the Finnish Forest Research Institute in Helsinki. In addition to conventional combustion, methods for processing wood mechanically or chemically into a more compact form are being studied by the Technical Research Centre of Finland and private enterprises. The fast development of conversion techniques in the United States is being followed with great interest. Despite many unsolved problems, the future of forest energy in Finland looks encouraging. ■

Rare Wood Collecting

Discover the fascination and enjoyment of beautiful woods in your home or office.

Begin to collect and display rare, exotic, unusual and favorite woods crafted in the form of magnificent wood eggs.

Catalog gives description and interesting history of 52 woods from all over the world including 10 favorite American woods.

Send $2.00 for Wood Egg Catalog

(Print clearly or attach printed label)

TO: Woods of the World, Inc.
BOX 24007 FPR-781
Cincinnati OH 45224

Enclosed is $2. Please send catalog to:

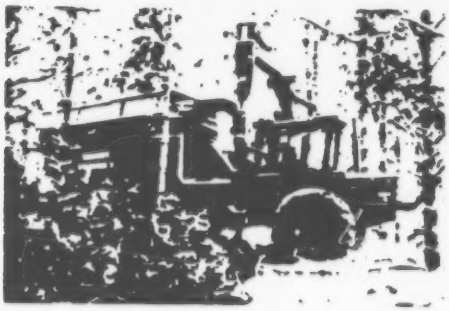
Name_____

Address_____

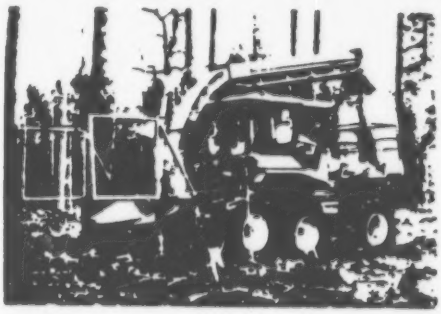
City, State_____

Zip_____

International News



The Valmet TT 1000 F forwarder-mounted terrain chipper for thinning forests is equipped with a 7-ton chip bin.



The Pallari prototype under development is a continuously moving swath harvester for clear-cutting small-sized puckerbrush.

country has 250,000 farms with an average area of 100 acres, including the forests. Wood, primarily in the form of split logs, is the only or main fuel for space heating on almost two-thirds of the farms.

The use of wood as an alternative to light fuel oil on farms is undoubtedly economical. Removal of small-sized wood is generally a necessary silvicultural measure and it can be done by the farm's own labor force and tractor. However, at the most 0.4 million cords of the planned increase in the annual utilization of fuelwood can be absorbed by farms.

The forest industry is another natural user of wood-based fuels. It is already generating 19 million b.o.e. of energy annually by burning bark, sawdust, and especially waste liquor. The forest industry as an organization has taken a somewhat hesitant attitude to the increasing use of unmerchantable small-sized timber for fuel. First of all, it is worried about the sufficiency of raw material supplies for the pulp and board industry. Additionally, it fears that expanded utilization of fuelwood may raise stumpage prices which are already among the highest in the world.

Attitudes are changing, however. The forest industry has even concluded the first delivery agreements for fuel chips with some district heating plants, dairies, hospitals, etc. Osuuskunta Metsäliitto, a forest owners' undertaking, has been a pioneer in this change.

The forest industry itself could probably harvest and burn in steam boilers up to 2 million cords (solid measure) of fuel chips yearly for generating back-pressure electricity and heat for industrial processes. It has the advantage of an existing timber harvesting organization which is already supplying it with 16 million cords of wood raw material annually. The forest industry is well-placed also to use slash and stumpwood from clear-cutting areas for energy.

A rapidly increasing user group of forest chips is rural medium-sized 0,5 to 10 MW plants. In this category are primarily district heating centers, dairies, garrisons, hospitals, educational institutions, and small industrial plants using chips as a substitute for heavy fuel oil. Their chip consumption has been on a fairly small scale until recently but the situation is changing rapidly.

There were 20 such plants in Finland in the summer of 1980, but another 40 or more are now under construction. Finland could well accommodate a couple of hundred plants of this kind which could utilize 2 to 3 million cords of fuel chips annually. They would generally obtain their wood from the vicinity, within a radius of 15 to 25 miles.

The delivery of fuel chips to small users outside farming is a problem that has still to be resolved. This consumer group will place high quality and reliability of delivery requirements on their chips, briquets, or pellets. One future alternative under consideration is chipping stations at which small-sized timber and wastewood would be reduced and upgraded into clean industrial chips and high-quality solid fuels such as sorted chips or pellets.

Light chipping systems for farmers

Farm fuelwood is still harvested primarily as billets by manual methods. Haulage from the forest is generally done by farm tractor, only occasionally by horse. A great number of tractor-driven splitting machines have been marketed in recent years. The furnaces require that the wood is cut finally into lengths of 1 to 2 feet.

Burning of chips in small boilers for space heating in farms is increasing. The power source of a farm chipper is always a tractor. Some chippers can be placed between the tractor and the trailer or equipped with a chip bin and then the chipping can be done in the forest.

The selection of farm chippers has grown fast. Disk chippers are still the most common (e.g. the Junkkari, the Hakki, the Hormma), but drum chippers (e.g. the H-Steel) are also used. Completely new solutions have also emerged alongside these more or less traditional chippers. They are the KOPO cone screw chipper and NEME wingblade chipper producing rough block chips rather than ordinary fine chips.

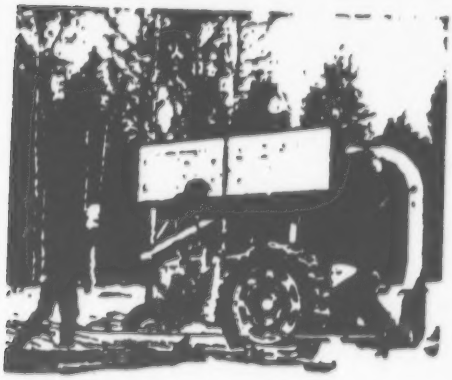
Recovery of this potential fuel reserve in its entirety is, of course, impossible for ecological, technical, and economic reasons. Estimating the quantity of the technically harvestable portion of small-sized trees and logging residues is difficult because the technical aspects are ultimately bound to the development of fuel prices. According to calculations by the Finnish Forest Research Institute, 6 million cords of unmerchantable logging residues and small-sized trees can be classified as harvestable annually.

The harvestable fuelwood reserve, added to the utilized bark still wasted by industry, is actually greater than the energy program mentioned above requires. It will not be possible to recover all of it in practice, but the goal set in the energy policy program seems realistic. Whole-tree chips from small-sized trees will be of major importance. Additional biomass can probably be produced in the long run in short-rotation energy plantations but despite the increased financial aid to research and the large-scale energy forest project started by the Finnish Forest Research Institute in 1978, they are not expected to have practical value before the end of 1990s.

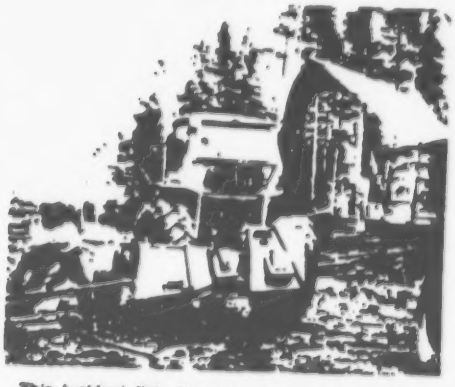
Additional fuelwood utilization

The most natural fuelwood user group consists of farms which in Finland always have some forest as well. The

A truck-mounted TT 1500 L whole-tree chipper is a flexible solution for large operations.



A homemade chipper unit



This Junkkari disk chipper is making fuel chips for space heating on a farm.

Wood for energy in Finland

Wood fuels are an important energy source now — and look 'encouraging' in the future

Written for the Journal
By Pentti Hakkila
Finnish Forest Research Institute

The harsh climate, long transport distances, and the predominance of process-type industries has raised per capita energy consumption in Finland to one of the highest levels in the world. The forest industry in particular, despite the fact that its specific energy consumption is internationally one of the lowest, is a large user of energy.

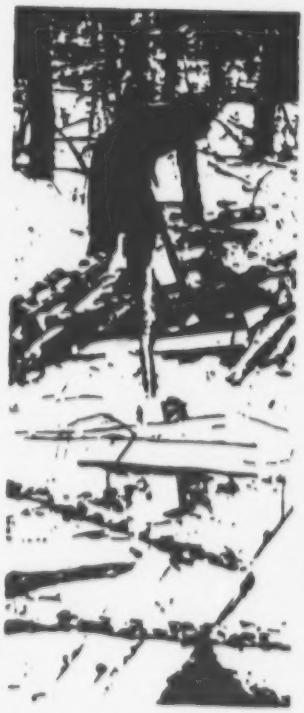
Compared with industrialized countries in general, energy management has been based on wood far longer in Finland. As late as in 1965, one-third of the primary energy was still generated from wood-based fuels. As consumption grew and more timber was needed as raw material for lumber, plywood, and paper, Finland had to turn to foreign fuels. By 1978, the proportion had dropped to 14 percent.

Of the total annual consumption of primary energy equaling 182 million barrels of oil, only 26 percent was derived from domestic sources: hydroelectric power, wood-based fuels, and peat. The country has no indigenous oil, coal, or natural gas.

Despite the steep decrease in the use of wood fuels during the period of cheap oil, wood probably is still a more important source of energy than in any other developed country. Fortunately, Finland has a high production potential for forest biomass and the large peat deposits offer another substitute for imported fuels. The technical know-how connected with the exploitation of forest biomass and peat for energy has been maintained and even developed over the years.

Wood-based fuels in Finland's energy balance

Only 5 years ago the burning of wood was considered to be a squandering of national resources. The declining trend of the use of fuelwood still continued to a low in 1978. Since then, the use of wood fuels has been reviving and a substantial increase is expected by the end of the 1980s. The consumption of wood-based fuels, currently already 16 percent of the primary energy of the country, was:



The traditional way to obtain fuelwood in Finland

	Million b.o.e.* in 1979
Fuelwood for space heating	11.0
Industrial wastewood and bark	3.7
Pulp industry's waste liquor	15.3
Wood-based fuels, total	30.0

*b.o.e. = barrel of oil equivalent = 0.136 ton of oil equivalent

The aim of the new energy policy program approved by the government is to raise energy self-sufficiency to 34 to 40 percent by the end of the 1980s. The following steps are foreseen:

- Promotion of energy conservation
- Increasing the utilization of fuel peat from the present level of 2.9 million b.o.e. in 1978 to 18 to 22 million b.o.e. annually
- Increasing the utilization of wood-based fuels to 40 to 50 million b.o.e. annually

In February 1981, the price of heavy fuel oil was $240 per ton and light fuel oil $400 per ton. In the prevailing situation the value of fuelwood (moisture content 40% on a green weight basis) is roughly $60 to $70 per loose dry ton as an alternative to heavy fuel oil, and $100 to $120 as an alternative to light fuel oil.

The recovery of residual wood for fuel is already economical in many cases. However, subsidies are still often necessary as the domestic fuels require higher investments for equipment than oil. To speed development and decrease the dependence on imported fuels, the government is supporting energy investments in which domestic wood or peat fuels replace fossil fuels.

Potential of forest residues

The total biomass of the annual allowable cut of Finland is 36 million cords or 40 million loose dry tons. More than 40 percent of this consists of unmerchantable branches, stumps, roots, tops, and small-sized stems.

SPECIFICATIONS: The following is a list of technical data and specifications of the TT Terrain Chipper.

Forwarder - Locomo 928

Engine capacity - 120 kw or 162 hp
6-wheel drive
ground clearance - 740 mm (29 in.+)
maximum load - 15,000 kg (33,070 lbs.)

Chipper

engine - 110 kw or 150 hp
disc diameter - 980 mm (38 in.+)
rpm - 1000
maximum tree diameter - 25 cm (9 in.+)
number of knives - 2
chip container tipping height - 3 m (9 ft.+)

The average output of the unit (chipping and forwarding) was about 8 cords per hour. This rate could change considerably depending on the size of the tree being harvested and the distance to the landing. The stand being operated averaged 40 years old. Prior to thinning, there were approximately 922 trees per acre, and following thinning, 520. The volume of the growing stock was reduced by 35%.

APA COMMENTS: The chipping and harvesting of small trees is an art that is well advanced in the Scandinavian countries. The availability of this unit in the U.S. is uncertain. The forwarder, the Locomo 928, is being sold in the U.S. by a Canadian firm. Every year more and more natural stands as well as plantations, must be thinned.

A self-propelled chipper/forwarder such as this one should present many labor and cost saving potentials for the pulpwood industry in the U.S.

A. W. WIMBLE
Administrative Assistant

while feeding the chipper. The chips were blown into a large container mounted on the rear of the machine. Once fully loaded, the entire unit proceeded to the landing where it hydraulically dumped the chips into a highway haul truck.

Fig. 4 - Whole tree chips. . .

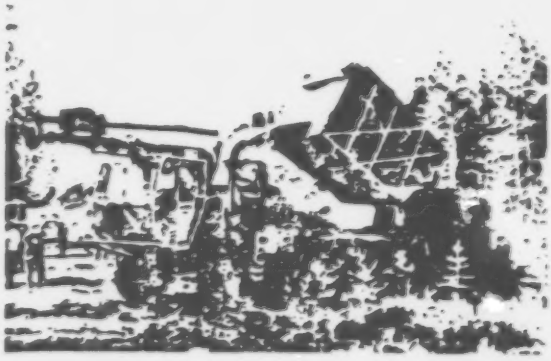


Fig. 5 - . . .transferred to palletized containers. . .

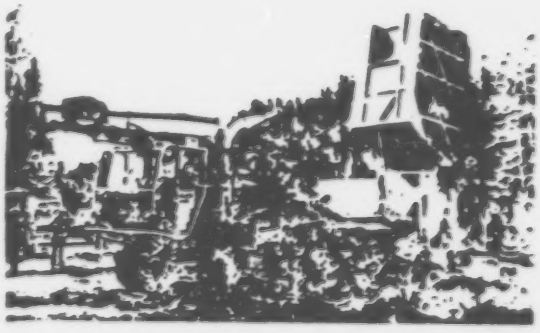


Fig. 6 - . . .for highway truck at landing.

Fig. 2 - Mobile Chipper working along strip road.

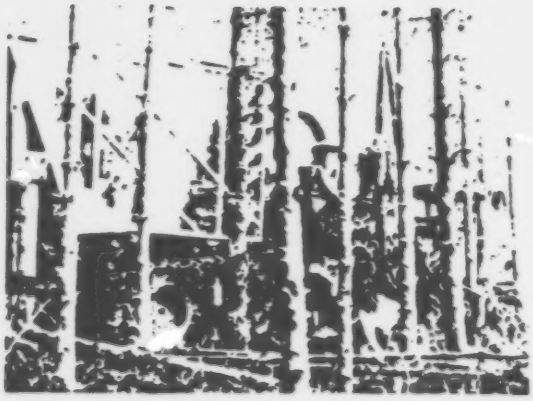


Fig. 3 - Chipping whole trees - chips blown into hydraulic dump box.

APPLICATION: When observed, operating in Finland, the terrain chipper was working in a pine plantation. Since the entire unit is just over 8 feet wide, individual rows within the plantation had to be removed in order to provide a trail or "strip road". The trees removed, both within and between the strip roads, were felled and bunched with the butts perpendicular and facing the center of the strip road. The unit was equipped with a hydraulic slide boom loader. This loader, because of the sliding action of the boom, provided excellent reaching capabilities allowing the operator to minimize the movement of his machine

TECHNICAL RELEASE

77-R-28

AMERICAN PULPWOOD ASSOCIATION
1619 MASSACHUSETTS AVE., N.W., WASHINGTON, D.C. 20036

SELF-PROPELLED CHIPPER/FORWARDER

Harvesting 4.29

May 6, 1977

GENERAL FEATURES: The TT Terrain Chipper, Model 1000-F, is a Finnish made, self-propelled chipper/forwarder. The unit is capable of moving through the woods chipping previously felled and bunched trees. The chips are blown into a self-contained hydraulic dump box that is used for transfer to highway vehicles.

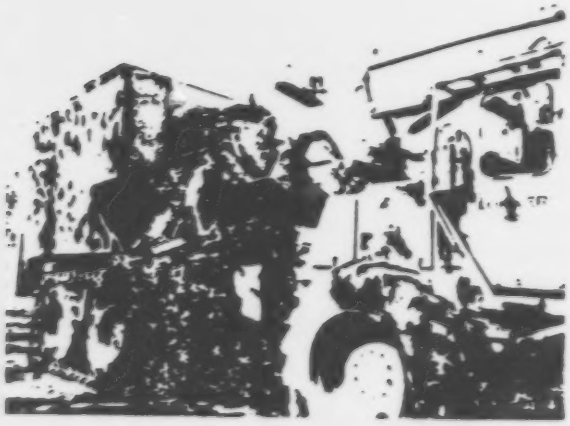


Fig. 1 - TT Terrain Chipper on Locomo Forwarder

LAKEHEAD UNIVERSITY
JUN 21 1977
LIBRARY

Overall weight of the machine—72,000 pounds—is cause for concern, for resulting ground pressure of 10.7 psi is too great for winter operation on many southern soils. Some redesign and material substitutions on later production models should reduce ground pressure to an acceptable 8 psi.

Economics

Trials conducted through September 1979 have not determined whether performance goals can be met under southern conditions, but with incorporation of revisions planned for early 1980, the outlook seems promising.

The earlier article (Koch and Nicholson 1978) projected that the harvested wood could be delivered to the mill for $13.57 per ton (green-weight basis), including a 30-percent pre-tax profit on an equipment investment of $470,000 per machine team (one mobile chipper, two self-powered chip forwarders, and support equipment). This cost is for harvesting logging slash and cull wood from 1,500 acres annually and simultaneously preparing the site. Recovery from these acres should be about 30,000 tons (green weight basis) of chips.

Inflation has increased these costs, which include profit, to about $18 per ton delivered to the mill (green basis). At the same time, oil costs have increased greatly. Though the price of $18 may appear high, a ton of these chips is worth about $36 if their heat content (taking into account boiler efficiency) is priced comparably with the heat content of No. 2 fuel oil costing $0.70 per gallon. And fuel oil prices may well reach, or exceed, $1 per gallon.

Perhaps certain classes of cull wood can be harvested more economically by existing methods than by the swathe-felling mobile chipper. For example, the central stump-root portions of southern pines 5 to 12 inches in d.b.h. can be harvested with tree puller-bunchers and grapple skidders at about $10 per green ton (Koch 1977). Also, throughout the South, tree-shear feller-bunchers teamed with grapple skidders can economically harvest cull trees 6 to 12 inches in d.b.h. at about $10 per green ton. But neither the tree puller-buncher nor the tree-shear feller-buncher can operate economically on a steady diet of logging slash or standing culls 5 inches and smaller in d.b.h. Such small material seems to invite use of the swathe-felling mobile chipper.

The southern field trials during 1980 should provide information on which to base more precise economic assessments. Data will be obtained on terrain for which the machine is best suited, percentage of available cull wood recovered as chips, machine operating time as a percentage of scheduled time, and acreage harvested per operating hour. ■

Literature Cited

KOCH, P. 1977. Harvesting southern pines with taproots is economic way to boost tonnage per acre 20 percent. South. Pulp and Paper Manuf. 40(5):17, 18, 20, 22.

KOCH, P., and D. W. MCKENZIE. 1976. Machine to harvest slash, brush, and thinnings for fuel and fiber—a concept. J. For. 74:809-812.

KOCH, P., and T. W. NICHOLSON. 1978. Harvesting residual biomass and swathe-felling with a mobile chipper. P. 148-154 in Complete Tree Utilization of Southern Pine. Proc. Symp. New Orleans, La. Agric. 1978. ed. C. W. McMillin. For. Prod. Res. Soc., Madison, Wis.

THE AUTHORS—Peter Koch is chief wood scientist, Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Pineville, Louisiana. Thomas E. Savage is project engineer, Nicholson Manufacturing Company, Seattle, Washington.

The machine described was developed under Cooperative Agreement 19-239 between the Forest Service (with financial assistance from the Energy Research and Development Administration—now Department of Energy), five timber companies (Boise Southern Company, Georgia Pacific Corporation, International Paper Company, Olinkraft, Inc., and Weyerhaeuser Company), and Nicholson Manufacturing Company. The authors acknowledge the technical advice of Conor W. Boyd, Aaron R. Chesnut, Gordon R. Condit, Ben M. Davis, Nello Del Gobbo, and John E. Wishart.

Benefit-Cost Analysis: Recent Debate

Vigorous discussion was stimulated when the Journal of Forestry published, in March 1979, the article by John F. Dwyer and Michael D. Bowes, "Benefit-Cost Analysis for Appraisal of Recreation Alternatives," together with a comment by A. A. Dyer and J. G. Hof. Presented here are four additional comments or short papers by Donald F. Holecek, Daniel J. Stynes, Clark S. Binkley, and F. Reed Johnson. Following these are second-round statements from the original authors. Finally, the main issues and the status of agreement and disagreement are summarized by David A. King and Lawrence S. Davis. The Journal hopes that the discussion, taken as a whole, presents a reasonably well balanced review of an important topic.

Recreation Evaluation Has Become Feasible

In combination, the article by Dwyer and Bowes and the comment by Dyer and Hof represent an excellent overview of benefit-cost analysis for appraisal of recreation alternatives. I found the views of both sets of authors to be complementary, as will many readers who are serious students of this subject. Dwyer and Bowes' position that the state of the art has advanced to where it should be incorporated more widely into "analyses of public forest management options" is, in my opinion, completely correct. Dyer and Hof's comments complement the Dwyer and Bowes position because they raise a necessary caution against taking an overly simple, naive approach to recreation valuation. It is exactly the balance, as I see it in these authors' words, that I have attempted to convey to students in my recreation economics class.

There is, however, the possibility that some readers may view the articles as adversarial and feel compelled

46371

CRIQ

CRIQ

Le Centre de recherche industrielle du Québec est une société d'État dont la mission est de soutenir et stimuler le développement technologique des entreprises manufacturières du Québec.

Le CRIQ travaille donc en étroite collaboration avec les industriels pour les aider à réaliser leurs objectifs en leur offrant des services sur mesure:

- l'information,
- le développement de produits et de procédés de fabrication,
- l'assistance technique,
- l'aide au transfert de technologie.

Le personnel compétent et expérimenté du CRIQ de même que ses laboratoires et ateliers bien équipés tant à Québec qu'à Montréal sont à la disposition de tout industriel soucieux d'innover.

SYSTÈME DE BROYAGE ET DE COMPACTION - PHASE I

Dossier CRIQ no 4-3152

Rapport technique no MEC-85-036

Août 1985

ANNEXE B

FC-4442

Client: Ministère approvisionnement et service

11, rue Laurier
Hull (Québec)
K1A 0S5

CRIQ
CENTRE DE RECHERCHE
INDUSTRIELLE DU QUÉBEC

ANNEXE B

Articles et rapports techniques

Référence no 14 et

rapports pertinents

RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE
— Étude terminologique

HARVESTING OF FOREST BIOMASS FOR ENERGY
— Terminology study

par/by

Thérèse Sicard-Lussier

Rapport Spécial Nº RS-25/Special Report No. SR-25

Projet ENFOR P-280/ENFOR Project P-280

Disponible de:

Institut canadien de recherches
en génie forestier
143 Place Frontenac
Pointe Claire, Québec
H9R 4Z7

Secrétariat ENFOR
Service canadien des forêts
Département de l'environnement
Ottawa, Ontario
K1A 1E7

Available from:

Forest Engineering Research
Institute of Canada
143 Place Frontenac
Pointe Claire, Québec
H9R 4Z7

ENFOR Secretariat
Canadian Forestry Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1E7

© Copyright 1984 Institut canadien de recherches en génie forestier
Forest Engineering Research Institute of Canada

Avant-propos

Ce rapport a été préparé dans le cadre du programme ENFOR, c'est-à-dire le programme énergie de la forêt du Service canadien des forêts, avec la collaboration technique et financière de l'Office de la langue française du Gouvernement du Québec et l'Institut canadien de recherches en génie forestier. Depuis quelques années, des activités de recherche et de développement ont été entreprises sous l'égide d'ENFOR dans le but d'augmenter les connaissances et perfectionner la technologie pour que dans un avenir rapproché, la biomasse forestière apporte une contribution importante aux besoins énergétiques du pays.

Le programme ENFOR fait partie d'une initiative beaucoup plus considérable axé sur le développement et l'utilisation de sources d'énergie renouvelables afin de réduire notre dépendance sur le pétrole et autres sources d'énergie non-renouvelables.

En vertu d'une entente entre le Gouvernement du Canada et le Gouvernement du Québec, l'Institut canadien de recherches en génie forestier avait mandaté Madame Thérèse Sicard-Lussier pour effectuer les travaux qui ont servi à la préparation de ce rapport.

Foreword

This report was prepared under the auspices of the ENFOR (Energy from the Forest) program of the Canadian Forestry Service, and the financial and technical collaboration of the "Office de la langue française" of the Government of Québec and the Forest Engineering Research Institute of Canada. Under the ENFOR program, research and development activities are conducted to increase the knowledge and improve the technology relating to the utilization of forest biomass as a source of energy.

The ENFOR program is part of a much larger program designed to promote the development and utilization of renewable sources of energy, in order to reduce our reliance on fossil fuels and other non-renewable sources of energy.

Under the terms of an agreement between the Government of Canada and the Government of Québec, the Forest Engineering Research Institute of Canada retained the services of Mrs. Thérèse Sicard-Lussier to implement this project which led to the preparation of this report.

TABLE DES MATIÈRES/TABLE OF CONTENTS

Remerciements / Acknowledgements i

Introduction / Introduction ii

Plan de classement / Classification Scheme x

Liste des abréviations / List of abbreviations xii

Dossiers terminologiques / Terminological entries 1

Index français / French Index 125

English Index / Index anglais 132

Bibliographie / References 144

Remerciements

Le présent ouvrage terminologique sur la récolte de la biomasse forestière est le résultat d'une étude entreprise par l'Institut canadien de recherches en génie forestier, en collaboration avec l'Office de la langue française.

Cette étude a demandé la participation de plusieurs spécialistes dont l'appui constant et les conseils judicieux étaient indispensables à la réalisation d'un travail sérieux. Je désire donc remercier tout particulièrement mes principaux collaborateurs: Lise Lebel-Harou, terminologue à l'Office de la langue française, Régis Boily, professeur de génie rural à l'Université Laval, et Benoît Gaulin, graphiste.

Ma reconnaissance s'adresse également à tous ceux qui ont bien voulu me guider dans mes recherches, ainsi qu'à ceux qui ont accepté la tâche ingrate de réviser le manuscrit et d'y apporter leurs suggestions.

Acknowledgements

This terminological report on harvesting forest biomass is the result of a joint study undertaken by the Forest Engineering Research Institute of Canada and the Office de la langue française.

This study has required participation from several specialists whose constant support and judicious advice were indispensable to the realization of a serious work. I would like particularly to thank my principal collaborators: Lise Lebel-Harou, terminologist at the Office de la langue française, Régis Boily, professor of agricultural engineering at Laval University and Benoît Gaulin, for the graphics.

I would like to acknowledge, with gratitude, the help received from those who guided my research, and finally I wish to thank those who had the tedious job of revising the manuscript.

Thérèse Sicard-Lussier

INTRODUCTION

Depuis quelques années, la biomasse forestière est l'objet, à l'échelle nationale et internationale, de programmes de recherche et de développement visant à récupérer et à utiliser cette ressource à des fins énergétiques. L'Institut canadien de recherches en génie forestier a réalisé des projets dans cette sphère, depuis 1980 en participant au programme ENFOR (énergie et forêt) du Service canadien des forêts, et depuis 1982 par l'entremise de l'Agence Internationale de l'Energie.

La présente étude terminologique portant sur la récolte de la biomasse forestière fut réalisée grâce au support technique et financier du programme ENFOR, de l'Office de la langue française du Québec et de l'Institut canadien de recherches en génie forestier.

Le but principal de l'ouvrage vise à présenter un document terminologique portant sur la récolte de la biomasse forestière, dans les deux langues officielles, l'anglais et le français. C'est à l'intérieur d'un schéma de classement que ces termes sont suggérés afin de faciliter la communication entre les organismes de recherches et de développement et aussi d'assurer le transfert de la technologie à l'utilisateur éventuel. L'étude va bien au-delà d'une simple nomenclature, car en plus d'un encadrement systématique à l'intérieur du schéma de classement nous retrouvons une définition, le contexte d'utilisation et une illustration des fonctions de base de certains engins représentatifs de leur catégorie.

INTRODUCTION

The potential and accessibility of forest biomass as a renewable energy source is now recognized and is an integral part of research and development programs at the national and international levels. This effort is aimed at generating basic information and developing a technology to bring a larger portion of the available and potential energy biomass to an economic competitive level with fossil fuels. The Forest Engineering Research Institute of Canada has been participating in the development of forest energy biomass harvesting technology under the auspices of the ENFOR (Energy from the Forest) program since 1980, and since 1982 with the International Energy Agency.

This terminology study on the recovery and comminution of forest biomass results from the collaboration of federal and provincial agencies and the private sector. The participants include the ENFOR program, "l'Office de la langue française" of the province of Quebec and the Forest Engineering Research Institute of Canada.

From the outset, the main objective was to produce a terminology study in French and English, our two official languages, on the topic of forest biomass recovery and comminution. The names of the machines are suggested within a classification scheme to enable the research organizations, manufacturers and users to be more precise in their respective communication, in an attempt to speed up the transfer of technology to the potential user. The approach is more elaborate than simple nomenclature, since it includes within the classification scheme, a definition, a context and an illustration of representative machines or prototypes for each category.

Le projet a pris naissance à la suite de constatations relatives à la confusion inévitable qui résulte de la présence de plusieurs termes en concurrence pour désigner des notions ou engins identiques: noms d'inventeur, marques de commerce, abréviations ou nomenclature n'ayant aucune relation avec les fonctions de la machine; relatives également à la nature éparse de l'information qui ne permet pas à l'utilisateur de faire le lien entre la technologie existante ou en voie de développement, et ses besoins spécifiques. Cette démarche aidera donc à faire connaître la technologie canadienne et à évaluer son potentiel sur les marchés national et international.

La portion de la biomasse forestière à laquelle s'intéresse cet ouvrage comprend l'ensemble des productions végétales d'un territoire et plus précisément les arbres et arbustes, ou leurs composantes sous forme de cimes, branches, feuillage, souches et racines qui sont laissées en forêt suite à l'exploitation traditionnelle. Cette fibre ligneuse non utilisée représente entre 30 et 50% de la biomasse totale. Il faut ajouter à cette source de biomasse les essences et peuplements non marchands qui en plus de n'être pas utilisés constituent dans bien des cas un obstacle à la remise en valeur de sites forestiers de très haute qualité.

Ces sources de biomasse disponibles à l'échelle du pays, ne sont peut-être pas aussi attrayantes économiquement que les résidus générés dans les centres de transformation de la matière ligneuse, mais ils constituent un volume représentant 7 fois celui des résidus d'usines. Selon les statistiques canadiennes disponibles, on peut déduire que pour chaque mètre cube de bois marchand exploité,

The need for this study arose out of the inevitable confusion which surrounds the terminology of equipment in a relatively new area of research and development. Frequently a machine is known under several names, or the same name is applied to different machines, or the name of the inventor, a trademark or an acronym (which has no relation to the actual functions of the machine or prototype) is employed.

This approach leaves the user confused and unable to visualize or evaluate the machines in relation to his needs. Hopefully, this document will improve our knowledge of Canadian technology and contribute to the evaluation of its potential at national and international levels. Our efforts are oriented towards Canadian conditions (especially Eastern conditions) but also include foreign machines or prototypes which may interest the Canadian user.

Biomass may be defined as an unfossilized material of biological origin. Vegetation, animal manure, the organic portion of municipal solid waste, aquatic plants and peat are the principal types of biomass. This study is restricted to biomass originating from the forest and defined as trees and shrubs or their unused components such as tops, branches, foliage, stumps and roots resulting from current wood harvesting operations. The unused portion of ligneous fibre represents between 30 and 50% of its total biomass. To be added to this source are the unutilized natural stands of mature trees (aspen) or stagnated brushwood, windfalls, diseased and fire-killed stands within or outside current wood harvesting areas. This form of energy biomass is available, perhaps not as readily or economically as mill residues, but the volume is 7 times larger. In other words, for each cubic meter of

une quantité équivalente de biomasse forestière est laissée en forêt sous des formes et des concentrations différentes, selon la nature du peuplement forestier et les méthodes d'exploitation employées. A l'heure actuelle, de nombreuses recherches visent à mettre au point des méthodes efficaces de cueillette de cette biomasse tout en lui cherchant de nouvelles utilisations.

L'étude comprend deux parties principales et s'attache à décrire:

1. les méthodes et les machines de récolte et de transport de la biomasse forestière et

2. les machines susceptibles de servir à la transformation primaire de cette biomasse.

La biomasse forestière provient de différentes sources qu'il est important de distinguer puisque les méthodes et l'équipement de récolte et de transport varieront suivant son origine. La première partie s'attache donc à décrire les méthodes et les machines de récolte proposées selon le type de biomasse, c'est-à-dire exploitation de peuplements entiers destinés à la biomasse, récupération des résidus d'exploitation ou récolte des souches. Les arbres debout qui proviennent de coupes d'éclaircie ou qui sont restés après une exploitation traditionnelle seront, dans le cadre du présent travail, considérés au même titre que les résidus d'exploitation puisqu'ils sont le plus souvent abattus manuellement à la scie à chaîne et débusqués en bordure de route, ou repris par une machine qui récupère en même temps les résidus au sol.

wood harvested for conventional products, one cubic metre is left behind in the forest, in a different form and concentration according to the nature of the forest stand and the logging method used.

Inherent to the energy biomass option is the added value of associated activities such as site preparation, stand conversion, salvage operations and energy plantations, resulting in increased wood fibre production and utilization,without the need for enlarging the existing land base. The potential of energy biomass can and is being matched with the development of forest energy biomass harvesting technology. However, the revised approaches and systems stress the need for a continuing research and development effort.

This study is divided into two major parts defined as follows:

1. The forest energy biomass harvesting and transportation technology

2. The comminution machines for woody biomass.

The first part describes the forest energy biomass harvesting and transportation methods and machines, for natural stands of mature trees or stagnated brushwood, for the recovery of residual trees and residues such as tops, branches, broken stems and thinnings left at the stump, roadside, landing or sortyard area, and for stumps.

The recovery and transportation machines can be grouped into three major categories: conventional or existing systems applied to forest biomass for energy, modified or adapted conventional systems, and innovative

Il est évident que l'équipement servant à la récolte et au transport de la biomasse forestière est issu de l'équipement servant à l'exploitation forestière en général. Certaines machines existantes pourront donc servir telles quelles, ou mieux encore après modifications, pour tenir compte de la petite taille des arbres et des résidus, de même que de leur distribution et assurer ainsi un meilleur rendement économique. D'autres machines, dont plusieurs sont encore à l'état de prototype ou sur la planche à dessin, seront conçues directement en fonction de la biomasse. Les résultats des recherches entreprises en ce domaine sont prometteurs, mais il reste encore beaucoup de travail à accomplir.

La deuxième partie s'intéresse aux machines et aux prototypes qui servent ou pourraient servir à réduire la biomasse forestière en dimensions favorables à la conversion en énergie. Ces machines pourront devenir partie intégrante des engins de récolte ou de transport dont il est question dans la première partie. Comme on le verra dans le tableau suivant, la transformation primaire de la biomasse peut donner quatre grandes catégories de produits:

a) copeaux d'arbres entiers;
b) bois défibré ou éclisses;
c) mulch;
d) bois de chauffage.

A chacune de ces catégories correspond un groupe de machines particulier. Les machines faisant partie du premier groupe seront désignées par les termes fragmenteur, déchiqueteur ou broyeur selon que les copeaux obtenus seront grossiers et plus gros que des copeaux de papeterie

harvesting and transportation systems and practices better suited to the different sources of energy biomass.

The second part is describing the machines and prototypes used, or that could be used, for the comminution of woody biomass to be converted into energy or conventional products. These could be part of a multi-function machine or be used at different locations such as roadside, landing, millyard, etc. As shown in the following table, the products of comminution may be classified into four categories:

a) whole tree chips
b) sliver-like particles
c) mulch
d) firewood

Corresponding to each category is a group of machines; each having a specific processing device and a range of product characteristics for both conventional products, such as pulp, and energy wood suitable for conversion.

The main objective of this study is to recommend names which describe, as clearly and precisely as possible, the actual functions of the machines and may also give an idea of the characteristics of the processed or harvested material. Preference was given to the names complying to the following general rules: machines with either one or two functions were named in accordance to their functions; multifunctional machines were named according to their first and last functions, adding the name of the final product when necessary, to avoid confusion.

(fragments), ou qu'ils répondront aux normes des copeaux de papeterie, ou enfin qu'ils renfermeront trop de saletés et de particules fines pour répondre à ces normes (copeaux énergétiques). L'outil de coupe entre aussi en ligne de compte et permet de préciser le type de machine dont il s'agit.

Le but principal visé par cette étude est de nommer les machines de façon claire et non équivoque. Nous avons pour cela groupé les engins forestiers en trois grandes catégories, et établi les règles suivantes: les engins qui n'accomplissent qu'une seule fonction sont nommés par cette fonction, les engins qui accomplissent deux fonctions sont nommés par les deux fonctions qu'ils accomplissent et enfin, les engins qui accomplissent plus de deux fonctions sont nommés par la première et la dernière opération avec mention du produit final s'il y a ambiguïté.

MACHINES SERVANT À LA TRANSFORMATION DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

MACHINES USED FOR PROCESSING OF FOREST BIOMASS

a) en copeaux d'arbres entiers

a) whole tree chips

produit/product / outil employé/cutting tool	fragments/chunks	copeaux de papeterie/ pulp chips	copeaux énergétiques/ fuel chips
presse/press	fragmenteur à presse/ chunkwood press		
disque/disc	fragmenteur à disque/ disc chunker	déchiqueteur à disque/ disc chipper	
tambour/drum	fragmenteur à tambour/ drum chunker	déchiqueteur à tambour/ drum chipper	broyeur à tambour/ knife hog
marteaux fixes/ fixed hammers marteaux articulés/ swing hammers			broyeur - à marteaux fixes/ fixed hammer hog - à marteaux articulés/ swing hammer hog
rouleaux/rolls			broyeur à rouleaux/ roll hog
vis conique/ conical screw	fragmenteur à vis/ spiral-head chunker	déchiqueteur à vis/ spiral-head chipper	

b) en bois défibré ou éclisses:
- défibreur à rouleaux
- défibreur à mâchoires
- défibreur giratoire

b) sliver-like particles:
- roll crusher
- jaw crusher
- gyrator crusher

c) en mulch:
- débroussailleuse à axe horizontal
- débroussailleuse à axe vertical

c) mulch:
- horizontal axis slash cutter
- vertical axis slash cutter

d) en bois de chauffage:
- fendeuse
- tronçonneuse-fendeuse

d) firewood:
- splitter
- firewood processor

Indications méthodologiques

Les dossiers terminologiques qui suivent sont présentés suivant un ordre systématique. Le plan de classement est fourni ci-après. Chaque dossier est numéroté et les index français et anglais qui se trouvent à la fin du cahier permettent l'accès alphabétique aux dossiers terminologiques; les termes sont classés suivant l'ordre alphabétique continu. Tous les renvois, que ce soit dans les index ou à la rubrique Voir aussi ou Illustration, sont effectués par référence au terme auquel on renvoie (toujours le terme de l'entrée principale) suivi du numéro du dossier auquel il correspond. D'autres données complémentaires y apparaissent également: il s'agit alors d'équivalents anglais ou de sous-entrées françaises ou anglaises constituées soit par des variantes orthographiques, des abréviations ou des synonymes, de notes de type soit linguistique, soit terminologique ou technique, soit encyclopédique, de renvois à d'autres dossiers contenant des renseignements supplémentaires concernant la notion qui fait l'objet du dossier, ou encore d'illustrations.

Les définitions ont été rédigées par l'auteur. Chaque contexte est accompagné d'une référence au texte dont il est extrait, sauf lorsqu'il a été formulé par l'auteur. Les contextes qui ne se présentent pas sous la forme de phrases complètes sont tirés de textes publicitaires ou de fiches

Methodology

The terminological entries are presented systematically and the classification scheme is given hereafter. Alphabetical access to each entry is possible by the use of French and English indexes at the end of the study. Within these indexes, terms are classified in continuous alphabetical order. All references, either in the indexes or in the rubric See also or Illustration, give the term referred to, followed by the number of the corresponding entry. Each terminological entry is essentially composed of at least one English entry, a definition and a context. Additional information may also appear: French translation, English or French sub-entries consisting of orthographical variations, abbreviations or synonyms, notes of either terminological, technical or encyclopedical nature, references to other entries giving additional information, or finally illustrations.

Definitions have been written by the author. Each context is followed by a reference to the text from which it is extracted, unless it is formulated by the author. Contexts not cited as a full sentence are taken from advertisement or technical specifications. Extracts given as context are generally reproduced integrally. Suppression of one part of an extract is indicated by the following sign [...]; also words added by the author are cited between brackets. Evident errors (orthographical, etc.) are followed by [sic].

techniques. Les extraits retenus comme contextes ont été généralement reproduits tels quels. La suppression d'une partie d'un extrait est indiquée par le signe [...]; de même, un ajout est toujours compris entre crochets droits. Les erreurs évidentes (fautes d'orthographe, etc.) sont signalées par la mention [sic].

Dans les index français et anglais, on trouvera rassemblés à la fois les termes qui apparaissent en entrée dans les dossiers terminologiques et ceux qui s'y trouvent mentionnés en note seulement. Pour les premiers, le numéro de notion correspondant sera cité sans parenthèse alors que le numéro de notion correspondant aux seconds sera cité entre parenthèses.

La bibliographie réunit, d'une part, les ouvrages de référence, les monographies et les documents divers et, d'autre part, les périodiques.

Terms given as terminological entries and terms mentioned in the explanatory notes both appear in the English and French indexes. In the first case, the corresponding number will be mentioned without parentheses, while in the second case it will be given between parentheses.

A list of reference books, monographs and miscellaneous documents and a list of periodicals are presented at the end of the study.

Thérèse Sicard-Lussier

x

PLAN DE CLASSEMENT

1. MÉTHODES DE RÉCOLTE ET DE TRANSPORT DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

1.1 EXPLOITATION DE PEUPLEMENTS ENTIERS DESTINÉS À LA BIOMASSE

1.1.1 FAUCHAGE DE PEUPLEMENTS ENTIERS (dossiers 1 à 24)

1.1.2 EXPLOITATION INTÉGRALE (dossiers 25 à 30)

1.2 RÉCUPÉRATION DES RÉSIDUS D'EXPLOITATION

1.2.1 DANS LES COUPES RASES (dossier 31)

1.2.1.1 SUR LE PARTERRE DE COUPE (dossiers 32 à 43)

1.2.1.2 À LA JETÉE OU EN BORDURE DE ROUTE (dossiers 44 à 63)

1.2.2 DANS LES COUPES D'ÉCLAIRCIE (dossiers 64 à 79)

1.3 RÉCOLTE DES SOUCHES

1.3.1 SUR LE PARTERRE DE COUPE (dossiers 80 à 90)

1.3.2 À LA JETÉE OU EN BORDURE DE ROUTE (dossiers 91 à 98)

1.4 TRANSPORT SECONDAIRE DE LA BIOMASSE (dossiers 99 à 105)

2. MÉTHODES DE TRANSFORMATION PRIMAIRE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

2.1 GÉNÉRALITÉS (dossiers 106 à 111)

2.2 MACHINES SERVANT À LA TRANSFORMATION PRIMAIRE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

2.2.1 FRAGMENTEURS (dossiers 112 à 115)

2.2.2 DÉCHIQUETEURS (dossiers 116 à 118)

2.2.3 BROYEURS (dossiers 119 à 125)

2.2.4 DÉFIBREURS (dossiers 126 à 129)

2.2.5 DÉBROUSSAILLEUSES (dossiers 130 et 131)

2.2.6 FENDEUSES (dossiers 132 à 136)

CLASSIFICATION SCHEME

1. HARVESTING AND TRANSPORTATION METHODS FOR FOREST BIOMASS

   1.1 HARVESTING OF WHOLE STANDS FOR BIOMASS

      1.1.1 SWATHING OF WHOLE STANDS (entries 1 to 24)

      1.1.2 TOTAL TREE LOGGING (entries 25 to 30)

   1.2 RECOVERY OF LOGGING RESIDUE

      1.2.1 CLEARCUTTING (entry 31)

         1.2.1.1 ON CUTTING AREA (entries 32 to 43)

         1.2.1.2 AT LANDING OR ROADSIDE (entries 44 to 63)

      1.2.2 IN THINNING OPERATIONS (entries 64 to 79)

   1.3 STUMP HARVESTING

      1.3.1 ON CUTTING AREA (entries 80 to 90)

      1.3.2 AT LANDING OR ROADSIDE (entries 91 to 98)

   1.4 SECONDARY TRANSPORTATION (entries 99 to 105)

2. METHODS USED FOR PRIMARY PROCESSING OF FOREST BIOMASS

   2.1 GENERAL (entries 106 to 111)

   2.2 PRIMARY PROCESSING MACHINES

      2.2.1 CHUNKING MACHINES (entries 112 to 115)

      2.2.2 CHIPPERS (entries 116 to 118)

      2.2.3 SHREDDERS (entries 119 to 125)

      2.2.4 CRUSHING MACHINES (entries 126 to 129)

      2.2.5 SLASH CUTTERS (entries 130 and 131)

      2.2.6 LOG SPLITTERS (entries 132 to 136)

LISTE DES ABRÉVIATIONS/LIST OF ABBREVIATIONS

abrév./abbr.	: abréviation/abbreviation
cm	: centimètre/centimetre
C.N.E.E.M.A.	: Centre national d'études et d'expérimentation de machinisme agricole
Co.	: Company
etc.	: et cetera/etcetera
f.	: féminin/feminine
FERIC	: Institut canadien de recherches en génie forestier/ Forest Engineering Research Institute of Canada
inc./Inc.	: incorporé/Incorporated
irreg.	: parution irrégulière/irregular publication
n.	: nom/noun
n°/No.	: numéro/number
m.	: masculin/masculine
m	: mètre/metre
p.	: page
pl.	: pluriel/plural
p.v./v.p.	: pagination variée/various pagings
s.d./n.d.	: sans date/no date
s.l./n.p.	: sans lieu d'édition/no place
s.p.	: sans pagination/unpaged
syn.	: synonyme/synonym
terme prop.	: terme proposé/proposed term
var.	: variante/variation
vol./Vol.	: volume

NOTE: Les abréviations utilisées par les auteurs des contextes ne sont pas intégrées à la présente liste des abréviations.

Abbreviations used by the authors of the various contexts are not part of this list.

1. Méthodes de récolte et de transport de la biomasse forestière

1. Harvesting and transportation methods for forest biomass

1.1 Exploitation de peuplements entiers destinés à la biomasse

1.1.1 Fauchage de peuplements entiers

1. ABATTAGE CONTINU, n.m.
syn. FAUCHAGE, n.m.

Définition:
Mode d'abattage consistant à couper une lisière d'arbres en bordure de la forêt avec une machine qui avance de façon continue.

Contexte:
1. L'abattage continu, tel que réalisé par le modèle de pré-série de la faucheuse A-Line Swather VII, constitue un nouveau concept susceptible de fournir une solution au moins partielle à ces inquiétudes, si on réussit à vaincre certaines difficultés (E. Heidersdorf, Évaluation du modèle de pré-série de la faucheuse "A-Line-Swather VII", 1982, p. 21).

2. Le fauchage de vastes étendues d'arbres de faible diamètre pourrait représenter jusqu'à 20% de la coupe annuelle.

1.1 Harvesting of whole stands for biomass

1.1.1 Swathing of whole stands

SWATH FELLING
syn. CONTINUOUS FELLING
SWATH HARVESTING

Definition:
Felling method which consists of cutting trees in a swath while travelling along the edge of a forest stand, with a continuously moving machine.

Context:
1. Mobile chip harvesters now under development and capable of swath felling could be the key to the future utilization of the small tree biomass resource (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 190).

2. The above felling principle, used on their A-Line Swather, permitted the continuous felling of small diameter trees using a saw carrier moving at 3-4 km per hour (M.P. Folkema and P.G. Mellgren, Using Circular Saw Felling Heads to Reduce Butt Splitting Damage and Increase Productivity, 1982, p. ii).

NOTE:
1. Il est évident que ce mode d'abattage se prête particulièrement bien à l'exploitation de peuplements entiers de faible diamètre,donc à la récolte de la biomasse (qu'il s'agisse de peuplements naturels dégradés ou de plantations énergétiques). En effet, l'abattage à l'aide d'une flèche qui abat un ou quelques arbres, les dépose au sol et reprend son mouvement de va-et-vient ne peut se justifier économiquement que si ces arbres atteignent un diamètre suffisant.

2. Il existe une légère différence de sens entre les termes anglais swath felling et swath harvesting. Le premier s'applique plutôt à une opération qui consiste à abattre seulement, sans reprise des arbres, alors que le deuxième comporte en plus le sens de récolte. Ce dernier terme serait donc employé plutôt pour parler de l'opération effectuée par une machine équipée d'un dispositif collecteur ou par un engin multifonctionnel.

2. FAUCHEUSE, n.f.

Définition:
Abatteuse qui coupe les arbres en bandes, sans s'arrêter au moment du sciage.

Contexte:
Pour donner un bon rendement, la faucheuse demande des peuplements présentant de longues arêtes droites; les coins réduisent l'efficacité (E. Heidersdorf, Évaluation des modèles de pré-série de la faucheuse "A-Line Swather VII", 1982, p. 17).

NOTE:
1. This felling method is particularly convenient when cutting small diameter trees, that is when harvesting biomass (whether it be natural degenerated stands or energy plantations). Therefore, felling with a boom capable of cutting only one tree at a time and possibly accumulating two or more trees before dropping its load becomes less and less economical as tree size decreases.

2. There is a slight difference in the meaning of the English terms swath felling and swath harvesting. The first one is used to describe an operation where the trees are felled but not collected, while the second applies to felling and collecting. Swath harvesting would then apply to the operation of a machine equipped with a collecting device or to a multi-function machine.

SWATH FELLER
syn. CONTINUOUS FELLER
SWATHER

Definition:
Felling machine which mows trees in a swath while moving continuously along the face of a forest stand.

Context:
1. To overcome the effect of rapidly increasing harvesting cost with decreasing tree size, it is necessary to use machines capable of felling more than one tree at a time or at least not having to stop moving during the felling operation. Machines capable of this are generally classified as swath fellers (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 185).

NOTE:
Le terme faucheuse est général et peut s'appliquer à plusieurs machines différentes. Il sera donc déterminé davantage, s'il y a lieu, en ajoutant le nom de l'accessoire de coupe, par exemple faucheuse à barre de coupe, faucheuse à scie circulaire, ou encore le nom de l'accessoire qui sert à grouper les arbres avant de les laisser tomber au sol, par exemple faucheuse à berceau collecteur.

2. The basic concept of the Swather is similar to that of an agricultural reaper; indeed such machines provided the model stimulating the Swather's development (E. Heidersdorf, Evaluation of the Preproduction "A-Line Swather VII", 1982, p. 1).

NOTE:
The terms continuous feller, swath feller and swather are general terms applied to different machines. By adding the name of the cutting or collecting device, the term becomes more specific, i.e., cutter bar swather, circular saw swath feller, or the name of the collecting device, accumulator swather.

3. TÊTE DE FAUCHAGE, n.f., terme prop.

Définition:

Dispositif d'abattage continu, comportant un outil de coupe ainsi qu'un mécanisme d'orientation de chute des arbres abattus, et qui peut être monté, soit sur un engin porteur tel un bouteur ou un tracteur, soit à l'avant d'un engin forestier multifonctionnel dont il est alors partie intégrante.

Contexte:
Des essais ont eu lieu en hiver dans deux peuplements de tremble, en vue de vérifier la productivité de la tête de fauchage.

SWATH FELLING HEAD
syn. CUTTER HEAD
abbr. CUTTER

Definition:

Swath cutting assembly, consisting of a cutting device and a mechanism for directing the fall of trees, mounted on a carrier such as a bulldozer or tractor, or attached to the front of a multi-function machine.

Context:
1. All material is moved to the center of the cutter head and onto an entry ramp to the lower powered in-feed roll (Georgia-Pacific Corporation, Tree and Brushwood Harvester, 1980.

2. Table 1 indicates that the cutter mounted on the smaller tractor harvested 12 to 13 times more volume, than a chain saw in the younger stand (ENFOR, Biomass Harvesting Review, 1982, p. 3).

NOTE:
1. Le terme bouteur a été normalisé par l'Office de la langue française en remplacement de bulldozer après avoir été recommandé en France par arrêté ministériel.

2. Les outils de coupe que peut comporter une tête de fauchage sont variés, par exemple: barre de coupe, cylindre de coupe, disques de coupe, scie circulaire, d'où les termes faucheuse à barre de coupe, faucheuse à cylindre, faucheuse à disques, faucheuse à scie circulaire, qui désigneront soit la tête de fauchage elle-même, soit la machine qui la supporte (s'il ne s'agit pas d'un engin multifonctionnel).

ILLUSTRATION:
Voir BARRE DE COUPE, 4;
FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 15;
FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX, 20.

4. BARRE DE COUPE, n.f.

Définition:
Outil de coupe constitué d'une barre d'acier supportant une lame dentée qui oscille rapidement et sectionne le tronc des arbres de faible diamètre.

Contexte:
La barre de coupe devient vite émoussée en terrain rocheux.

NOTE:
1. La barre de coupe est dérivée des faucheuses agricoles utilisées pour la coupe des fourrages.

2. La machine connue sous l'appellation commerciale Dika Side Cutter est une tête de fauchage à barre de coupe, qui est déportée par rapport au tracteur qui la supporte.

NOTE:
1. The term bouteur has been standardized by the Office de la langue française to replace bulldozer.

2. The cutting devices used on a swath felling head are varied, i.e.; cutter bar, felling cylinder, cutting disks, circular saw. The corresponding felling head or the machine on which it is mounted (if not multi-functional) will be designated by the terms cutter bar swather, cylinder swather, cutting disk swather, or circular saw swather.

ILLUSTRATION:
See SWATH FELLING BLADE, 4;
SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER, 15;
MOBILE CHIP HARVESTER FORWARDER, 20.

SWATH FELLING BLADE
syn. CUTTER BAR
abbr. CUTTER

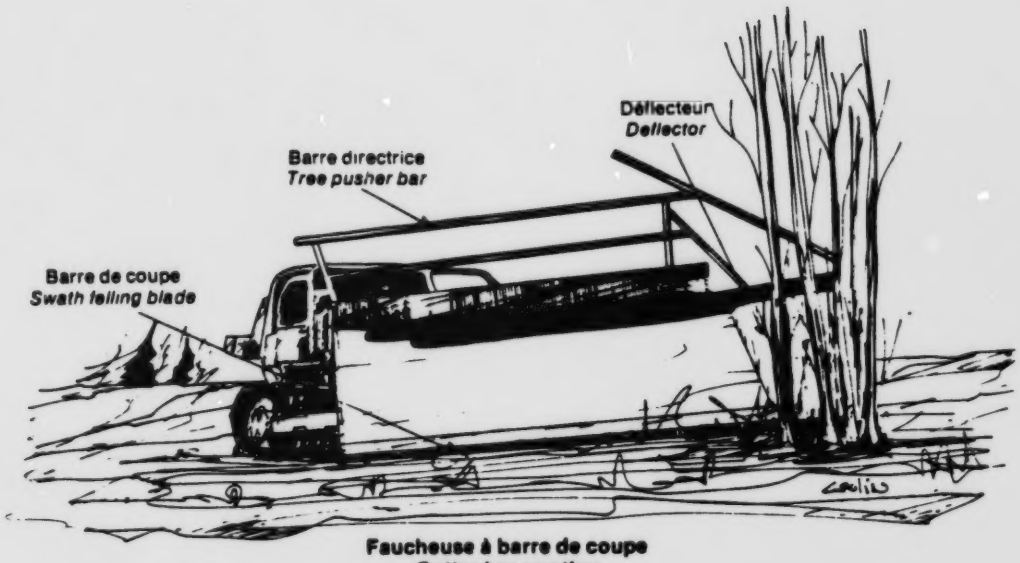
Definition:
Cutting tool consisting of a steel bar supporting a blade which oscillates rapidly to slash small diameter trees.

Context:
The cutter cuts trees in a 4.3 m wide swath (ENFOR, Biomass Harvesting Review, 1982, p. 1).

NOTE:
1. The swath felling blade is derived from the agricultural swathers used for harvesting crops.

2. The machine known as Dika Side Cutter is a swath felling head, which is offset to the side of the tractor.

ILLUSTRATION:



Faucheuse à barre de coupe
Cutter bar swather

5. BARRE DIRECTRICE, n.f.

TREE PUSHER BAR
abbr. PUSHER BAR
BAR
TREE PUSHER
syn. PUSH BAR

Définition:
Poutre fixe ou pivotante, située au-dessus et en avant du mécanisme de coupe ou de ramassage, qui sert à orienter la chute des arbres vers le parterre de coupe, ou à diriger les arbres et les résidus soit vers un dispositif collecteur, soit vers la gueule d'alimentation d'un engin multifonctionnel.

Definition:
Fixed or pivoting arm, mounted above and in front of the felling or pick-up assembly, which directs the trees onto the cutting area, or forces trees and residue towards a collecting device or into the throat of a multi-function machine.

Contexte:
Il est possible de régler la barre directrice en fonction du diamètre des arbres.

Context:
1. The tree pusher bar is intended to prevent trees from falling back onto the vehicle (P. Koch and T.W. Nicholson, Harvesting Residual Biomass and Swathe-Felling with a Mobile Chipper, in:Complete Tree Utilization of Southern Pine, 1978, p. 148).

2. A pusher bar located on the top of the blade, 3.7 m above the ground, guides the trees to fall to the side (ENFOR, Biomass Harvesting Review, 198 p. 1).

3. The bar can be adjusted to facilita cutting of trees of different sizes and to guide trees to the right side of the direction of travel (ENFOR, Biomass Harvesting Review, 1982, p. 1).

4. The side cutter is fairly simple, consisting mainly of a 4.2 m flat blade and a fixed push bar (Logging and Sawmilling Journal, Vol. 11, No.1, January 1980, p. 32).

NOTE:
Le terme anglais bar est utilisé comme abréviation des termes suivants: pusher bar, push bar et tree pusher bar.

NOTE:
The English word bar is an abbreviation for pusher bar, push bar and tree pusher bar.

ILLUSTRATION:
Voir BARRE DE COUPE, 4.

ILLUSTRATION:
See SWATH FELLING BLADE, 4.

6. FAUCHEUSE À BERCEAU COLLECTEUR, n.f.
abrév. FAUCHEUSE, n.f.

SWATHER-HARVESTER
abbr. SWATHER
syn. SWATH HARVESTER
CONTINUOUS HARVESTER

Définition:
Faucheuse munie d'un berceau dans lequel elle assemble les arbres, qu'elle décharge ensuite groupés sur le parterre de coupe ou à la jetée.

Definition:
Swath feller equipped with a bunk to accumulate the trees and periodically dump them onto the ground or at the landing.

Contexte:
1. FERIC a évalué la faucheuse à berceau collecteur dans des conditions d'automne et d'hiver, en novembre 1980 et en février 1981 respectivement (E. Heidersdorf, Évaluation du modèle de pré-série de la faucheuse "A-Line Swather VII", 1982, p. ii).

2. La faucheuse étudiée était considérée comme un modèle de pré-série et, à ce titre, faisait l'objet d'un grand nombre de modifications et d'essais au cours de l'étude (E. Heidersdorf, Évaluation du modèle de pré-série de la faucheuse "A-Line Swather VII", 1982, p. 9).

NOTE:
1. La faucheuse dont il est question dans le présent dossier est actuellement la seule qui groupe les arbres avant de les décharger au sol. Il pourrait éventuellement exister des faucheuses équipées d'autres dispositifs collecteurs et qui seraient alors déterminées par le nom de ce dispositif. Elles entreraient toutes dans une grande catégorie qu'on pourrait désigner par le terme général faucheuse-groupeuse.

2. En fait, le terme anglais harvester est généralement utilisé en exploitation forestière pour désigner une machine combinant les fonctions d'abattage et de façonnage. C'est ce qui explique que les termes donnés en entrée anglaise et particulièrement swath harvester, se retrouvent régulièrement dans la documentation pour désigner diverses machines utilisant le principe du fauchage tout en accomplissant d'autres fonctions qui peuvent varier de l'une à l'autre, soit emmagasiner les arbres fauchés pour les transporter, soit les déchiqueter immédiatement et les souffler dans un porteur, soit les déchiqueter et transporter les copeaux, soit encore presser ces arbres en balles pour les sortir du parterre de coupe. Il y a

Context:
With proper operator care, the Swather, by the very nature of its saw and good saw-height control, is capable of cutting extremely low stumps virtually flush with the ground (E. Heidersdorf, Evaluation of the Preproduction A-Line Swather VII, 1982, p. 17).

NOTE:
1. The swather-harvester described above is presently the only swather which bunches trees before dropping them onto the ground. Swathers with other collecting devices are possible; they would be identified by the name of the device and would be part of a category designated by the general term swather-buncher.

2. The English word harvester is generally used in logging to designate a machine which combines both the felling and processing functions. This is why the terms given in the heading, particularly swath harvester, are often employed to designate various types of machines using the swath principle, although they also accomplish other functions. These functions may include collecting severed trees and transporting them, chipping the trees immediately and blowing the chips into a forwarder, chipping the trees and forwarding the chips, or compacting trees into bales. It may be seen how important it is, for the sake of clarity, to name machines according to their specific functions. This will be increasingly significant as new machines are developed.

donc là, comme souvent dans un domaine nouveau, risque de confusion, risque qui augmente d'ailleurs à mesure qu'apparaissent de nouvelles machines. Nous suggérons donc, en anglais comme en français, de désigner les machines par les fonctions précises qu'elles accomplissent.

7. REMORQUE À COL DE CYGNE, n.f.

Définition:
Remorque munie d'un col de cygne pour en permettre l'accouplement sur le châssis d'un débardeur ou d'un véhicule automoteur.

Contexte:
La faucheuse Swather VII comprend essentiellement une remorque à col de cygne, tirée par un débardeur et sur le côté de laquelle est montée une scie circulaire (E. Heidersdorf, Évaluation du modèle de pré-série de la faucheuse "A-Line Swather VII", mars 1982, p. S-1).

NOTE:
La faucheuse à berceau collecteur que nous connaissons actuellement est montée sur une remorque à col de cygne et est tirée par un débardeur. Elle pourrait éventuellement se présenter sous la forme d'une machine intégrée avec son propre système de propulsion.

GOOSE-NECK TYPE TRAILER

Definition:
Trailer equipped with a goose-neck to permit coupling to the frame of a skidder or a self-propelled vehicle.

Context:
The "A-Line" Swather VII consists of a circular saw, side-mounted on a goose-neck type trailer with a side-dumping tree basket being pulled by a large skidder in the 170-200 hp class (P.G. Mellgren, The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, p. 3).

NOTE:
The existing accumulator swather is mounted on a goose-neck trailer, drawn by a skidder. It might eventually evolve into an integrated machine with its own powertrain.

8. BÂTI DE LA SCIE, n.m.

Définition:
Charpente qui supporte une scie circulaire et son mécanisme d'entraînement.

Contexte:
On peut élever ou abaisser hydrauliquement le bâti de la scie pour contrôler la hauteur de souche et éviter les obstacles.

SAW FRAME

Definition:
Frame supporting a circular saw and its operating mechanism.

Context:
The selector bar and the swather saw frame are so designed to be self-cleaning (P.G. Mellgren, The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, p. 4).

9. VÉRIN D'ÉLÉVATION, n.m.

Définition:
Vérin hydraulique qui détermine la hauteur au-dessus du sol à laquelle la scie de la faucheuse coupera les arbres.

Contexte:
Un vérin d'élévation permet à la scie d'éviter les obstacles, débris rocheux, souches, etc. qui pourraient la briser.

CYLINDER FOR STUMP HEIGHT CONTROL

Definition:
Hydraulic cylinder used to set the cutting height of the saw above ground.

10. GUIDE DE COUPE, n.m.
syn. GUIDE DE SÉLECTION, n.m.

Définition:
Barre métallique orientable, à arête arrondie, située à l'extrémité extérieure de la scie circulaire, qui permet de forcer un arbre se trouvant à la limite de la bande de coupe soit à passer complètement dans la scie, soit à rester à l'extérieur de la scie.

Contexte:
Le guide de coupe est aligné avec le bord extérieur de la scie.

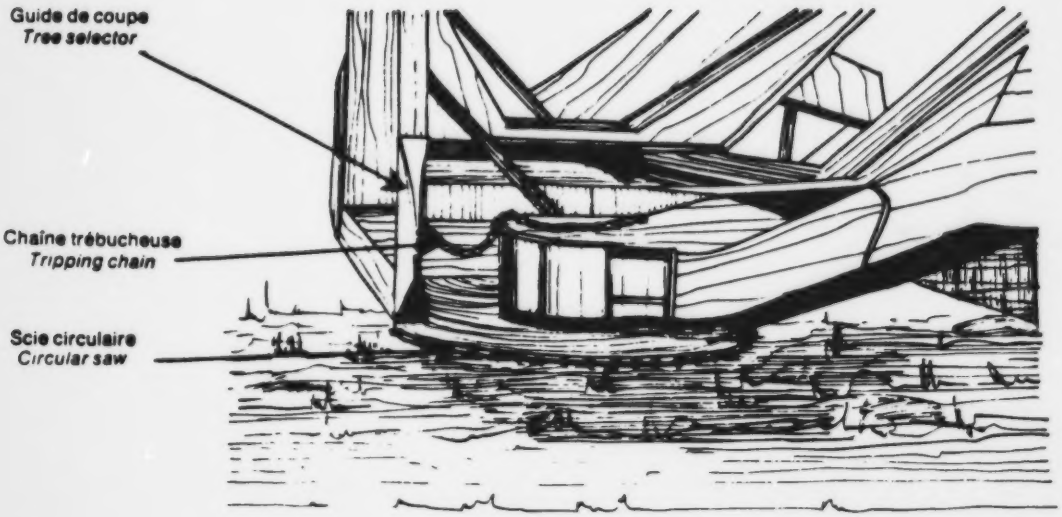
TREE SELECTOR
syn. SELECTOR BAR
COMPELLER BAR
abbr. COMPELLER

Definition:
Pivoting metal bar, with a round edge located at the exterior of the circular saw, which forces the trees either in or out of the cutting zone.

Context:
1. To avoid the risks of partially cut trees, a rugged "tree selector" or "compeller bar" is mounted in line with the outer edge of the saw (Engineering Journal, Vol. 63, No. 6, December 1980, p. 36).

2. All trees near this outer edge line of the saw are compelled by the selector bar to either fully enter the cutting zone of the saw, or to be fully outside the path of the saw (P.G. Mellgren, The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, p. 4).

ILLUSTRATION:



11. CHAÎNE TRÉBUCHEUSE, n.f., terme prop.

Définition:
Chaîne attachée au guide de coupe et au châssis de la scie près de l'axe de rotation de celle-ci et contre laquelle vient buter le pied de l'arbre coupé, ce qui le fait basculer vers l'arrière, tout en dégageant la scie.

Contexte:
L'arbre coupé bute contre la chaîne trébucheuse avant de s'engager dans le tourniquet.

ILLUSTRATION:
Voir GUIDE DE COUPE, 10.

TRIPPING CHAIN
syn. TRIP CHAIN

Definition:
Chain attached to the tree selector and to the saw frame near the rotating axis of the saw, against which the butt of the tree comes to rest, causing it to fall backwards and free the saw.

Context:
Once a tree has been cut, its butt is knocked forward by a trip chain mounted behind the saw (E. Heidersdorf, Evaluation of the Preproduction A-Line Swather VII, March 1982, p. 4).

ILLUSTRATION:
See TREE SELECTOR, 10.

12. BARRIÈRE D'ALIMENTATION, n.f., terme prop.

Définition:
Mécanisme constitué d'un tourniquet motorisé qui oriente la chute de l'arbre et le fait tomber tête première dans le berceau collecteur.

TREE GATE

Definition:
Mechanism consisting of a motorized swivel device to guide the tree, forcing it to fall top first into the accumulator bunk.

Contexte:
Grâce au tourniquet, l'arbre est forcé à pénétrer dans la barrière d'alimentation, même en présence de vents très forts.

Context:
Every tree has to enter the tree gate, located 10' above the ground. This gate guides and directs the fall of the trees (P.G. Mellgren, The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, p. 4).

13. TOURNIQUET, n.m.,
terme prop.

TREE PUSHER
syn. PERSUADER

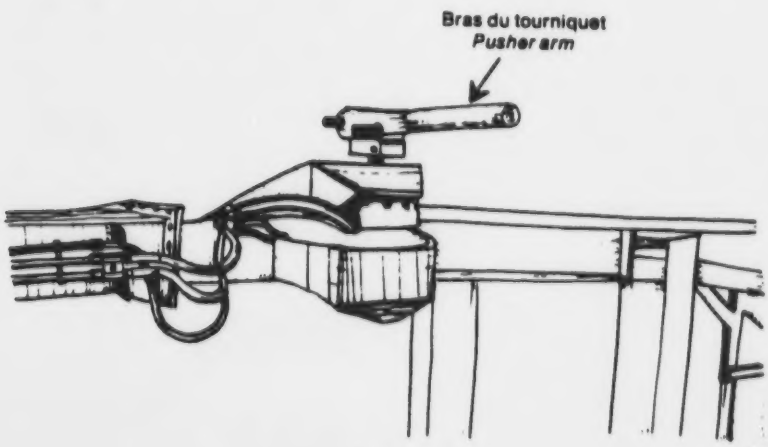
Définition:
Dispositif rotatif motorisé muni d'un bras, situé dans la barrière d'alimentation et qui, en tournant, fait basculer les arbres un à un dans le berceau collecteur.

Definition:
Rotating motorized apparatus with an arm, mounted at the tree gate, which as it turns pushes the trees one by one into the accumulator bunk.

Contexte:
Au moment où l'arbre commence à pencher, le tourniquet frappe le tronc à une hauteur de 3.4 m, dégageant sa cime des arbres voisins.

Context:
A tree pusher or "persuader" is mounted on top of the tree gate (P.G. Mellgren, The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, p. 4).

ILLUSTRATION:



Tourniquet
Tree pusher

14. BRAS DU TOURNIQUET, n.m.,
terme prop.

Définition:
Tige métallique fixée à l'arbre du tourniquet.

Contexte:
Si les arbres coupés sont très nombreux, le bras du tourniquet ne réussit pas à les faire tomber tous dans la bonne direction.

ILLUSTRATION:
Voir TOURNIQUET, 13.

PUSHER ARM
syn. BAT

Definition:
Metal rod fixed to the tree pusher shaft.

Context:
Its arm or "bat" swings at 50 rpm, pushing and directing the trees into the gate and basket with a force of up to 1000 lbs (P.G. Mellgren, The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, p. 4).

ILLUSTRATION:
See TREE PUSHER, 13.

15. FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, n.f.,
terme prop.
syn. FAUCHEUSE-BROYEUSE, n.f.,
terme prop.

Définition:
Engin forestier automoteur servant à la récolte de la biomasse, qui fauche les arbres, les ramasse en même temps que les résidus au sol, et réduit le tout en copeaux qu'il souffle dans une remorque.

Contexte:
La faucheuse-déchiqueteuse devait être capable d'abattre et de réduire en copeaux des tiges ayant jusqu'à 12 pouces de diamètre (mesuré à 6 pouces au-dessus du sol), tout en se déplaçant à la vitesse de un mille à l'heure.

SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER
var. SWATHE-FELLING MOBILE CHIPPER
syn. MOBILE CHIP HARVESTER
MOBILE CHIPPER HARVESTER
BRUSH HARVESTER
BIOMASS HARVESTER

Definition:
Self-propelled logging machine used for biomass harvesting, which fells trees in swaths, collects and chips both trees and logging residue, and blows the chips into a trailer.

Context:
1. Such small material seems to invite use of the swathe-felling mobile chipper (Journal of Forestry, Vol. 78, No. 1, January 1980, p. 21).

2. Mobile chip harvesters now under development and capable of swath felling could be the key to the future utilization of the small tree biomass resource (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 190).

NOTE:
1. Le terme faucheuse-broyeuse devrait être privilégié lorsque les copeaux obtenus sont impropres à la fabrication de pâtes et papiers et sont destinés à la production d'énergie (voir classification suggérée en introduction).

2. Des termes anglais comme biomass harvester et brush harvester sont des termes très généraux qui peuvent désigner plusieurs machines différentes et qui pourraient se traduire en français par récolteur de biomasse forestière. Brush harvester s'applique plutôt à la récolte de petits arbres ou de broussailles encore debout, alors que biomass harvester peut désigner aussi bien une machine qui ramasse les résidus d'exploitation. Par contre, nous ne savons pas sous quelle forme la biomasse est transportée. La sort-on telle quelle du parterre de coupe? Est-elle coupée? déchiquetée? broyée? pressée? Aussi recommande-t-on de n'employer ces termes que d'une façon très générale et de désigner les machines chaque fois qu'il est possible, par les opérations précises qu'elles accomplissent. Ceci devient d'autant plus nécessaire à mesure qu'augmentent le nombre et la diversité des machines susceptibles de récolter la biomasse.

3. Ce type de machine est représenté par le Nicholson-Koch "Mobile Harvester" et le Pallari "Brusharvester".

3. Development of new harvesting equipment and systems such as high speed shears, disk fellers, and mobile chipper harvesters may reduce harvesting cost while making it possible to harvest the under-utilized small wood and residues resources (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 178).

NOTE:
1. The French term faucheuse-broyeuse should be utilized when the chips are not suitable for pulp production and are used for energy (see classification suggested in introduction).

2. English terms such as brush harvester and biomass harvester are very general and are used for several different machines. They might be translated into French as récolteur de biomasse forestière. Brush harvester applies particularly to the harvesting of weed trees and brush still standing in the forest, while biomass harvester can also designate a machine collecting logging residue on the ground. However, these terms do not define how the biomass is transported. Is it transported as it is? Is it cut, chipped, crushed or compacted? We would then recommend utilizing the above cited terms only in a very general manner and naming the machines, when possible, by the functions they accomplish. This will become more and more necessary as the number and diversity of machines capable of biomass harvesting increase in number.

3. This type of machine is represented by the Nicholson-Koch Mobile Harvester and the Pallari "Brusharvester".

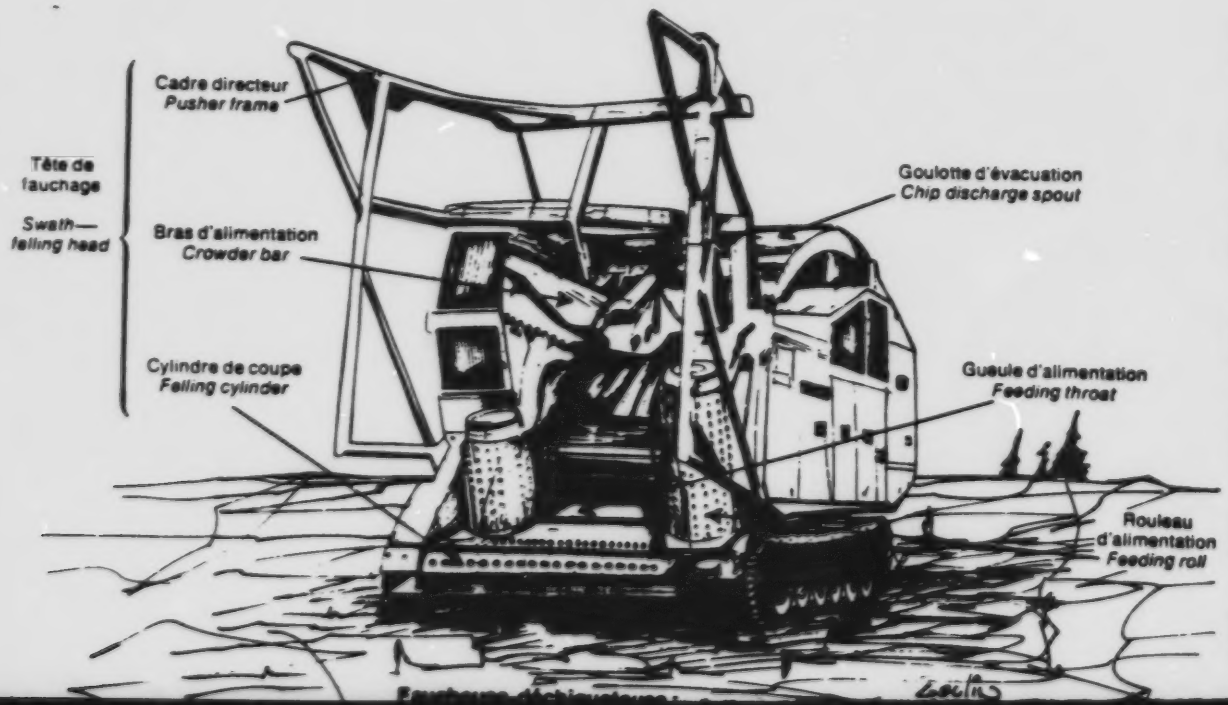
4. Le système préconisé par Nicholson-Koch prévoit l'utilisation d'une faucheuse-déchiqueteuse et de deux porteurs de copeaux. Les copeaux obtenus sont chassés au moyen d'une goulotte d'évacuation dans un des deux porteurs qui suit à l'arrière, durant que l'autre va déverser sa charge au lieu de stockage. Un système à peu près analogue a été essayé avec le Pallari Brusharvester qui souffle les copeaux dans la remorque d'un tracteur se déplaçant à ses côtés. Le système fut trouvé encombrant lorsque les peuplements sont peu étendus et de forme irrégulière (comme c'est souvent le cas en Finlande où la machine fut mise au point). Aussi a-t-on adopté un système qui consiste à souffler les copeaux dans des sacs portés à l'arrière de la faucheuse-déchiqueteuse et qu'on laisse tomber sur le parterre de coupe lorsqu'ils sont pleins.

Voir aussi:
PORTEUR DE COPEAUX, 19;
DÉCHIQUETEUSE-PORTEUSE, 58.

4. Nicholson-Koch's biomass-harvesting system foresees using a swath-felling mobile chipper and two chip forwarders. The chips are blown through a discharge spout in one of the two forwarders following behind, while the other is unloading at the stocking area. The Pallari Brusharvester system is similar. It blows the chips into a tractor trailer which is moving alongside. This method was found to be awkward when forest stands are small in size and irregular in shape (as is often the case in Finland where the machine was developed). The system was modified and now the chips are blown into sacks placed on the rear chassis of the machine and dropped on the cutting area when they are full.

See also:
CHIP FORWARDER, 19;
MOBILE CHIPPER FORWARDER, 58.

ILLUSTRATION:



'6. CYLINDRE DE COUPE, n.m.

Définition:
Cylindre rotatif horizontal muni de couteaux à sa périphérie, qui sert à couper les arbres par abrasion ainsi qu'à introduire les arbres coupés et les résidus au sol dans la gueule de la déchiqueteuse.

Contexte:
L'opérateur peut élever le cylindre de coupe de quelques centimètres pour éviter de heurter les souches et les roches.

NOTE:
Le terme anglais felling bar n'est pas approprié pour désigner le cylindre de coupe de la faucheuse-déchiqueteuse. Il faut lui préférer felling cylinder.

ILLUSTRATION:
Voir FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 15.

FELLING CYLINDER
syn. FELLING BAR

Definition:
Horizontally rotating cylinder equipped with radially mounted cutters, used to cut the trees and direct them with other logging residue toward the chipper throat.

Context:
In addition to felling standing trees, the felling bar acts as a collector for picking up downed materials and aids feeding of the chipper (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 187).

NOTE:
The English term felling bar is inadequate to designate the cutting mechanism used by the swath-felling mobile chipper. Felling cylinder should be preferred.

ILLUSTRATION:
See SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER, 15.

7. CADRE DIRECTEUR, n.m.

Définition:
Structure de guidage constituée de barres directrices disposées au-dessus et autour de la tête de coupe.

Contexte:
On a ajouté un cadre directeur qui incline les arbres vers l'avant et facilite ainsi leur entrée dans la gueule de la déchiqueteuse.

PUSHER FRAME
syn. COLLECTOR FRAME

Definition:
Guiding structure consisting of pusher bars placed above and around the felling head.

Context:
1. When advancing in a coppice the harvester's pusher frame first touches the tree at a height of 2.3 m; the frame bends the trees forwards in the travelling direction of the machine to prevent it from falling back onto the harvester (P. Hakkila and H. Kalaja, Harvesting Fuel Chips with the Pallari Swath Harvester, 1980, p. 11).

2. For transporting over roads, some of the structure-front mounted collector frame and chip discharge chute — can be folded down to reduce the height to 12 feet 6 inches (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 186).

ILLUSTRATION:
Voir FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 15;
FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX, 20.

ILLUSTRATION:
See SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER, 15;
MOBILE CHIP HARVESTER FORWARDER, 20.

18. BRAS D'ALIMENTATION, n.m.

CROWDER BAR
syn. PIVOTED CROWDER
abbr. CROWDER

Définition:
Bras pivotant muni d'une lame qui dirige les résidus dans la gueule de la déchiqueteuse ou de la broyeuse et sectionne les troncs qui se présentent transversalement à l'avant des rouleaux d'alimentation.

Definition:
Pivoting arm equipped with a blade that pushes brush into the chipper or hogger throat and cuts the stems that lie transversely in front of the feed rollers.

Contexte:
Le bras d'alimentation est commandé par vérin hydraulique et actionné par l'opérateur quand les résidus tendent à s'accumuler en avant de la machine et à bloquer le système d'alimentation.

Context:
1. The crowder bar proved able to break 6-inch alder stems that lodged across the feed rolls, but its effectiveness will be enhanced by increasing its stroke speed (Journal of Forestry, Vol. 78, No. 1, January 1980, p. 20).

2. Placed above the bar is a pivoted crowder hydraulically actuated to push brush into the drum chipper and to break stems that lie transversely across the front of the machine (Journal of Forestry, Vol. 78, No. 1, January 1980, p. 18).

NOTE:
L'abréviation crowder sert également pour abréger l'entrée principale crowder bar et son synonyme pivoted crowder.

NOTE:
Crowder is used as an abbreviation for crowder bar and its synonym pivoted crowder.

ILLUSTRATION:
Voir FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 15.

ILLUSTRATION:
See SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER, 15.

19. PORTEUR DE COPEAUX, n.m.

Définition:
Engin forestier automoteur portant une benne basculante conçue pour le débardage des copeaux.

Contexte:
Deux porteurs de copeaux sont habituellement nécessaires pour permettre à la faucheuse-déchiqueteuse de travailler sans interruption.

CHIP FORWARDER
syn. CHIP FORWARDING BIN

Definition:
Self-propelled logging machine equipped with a dumping box, developed for hauling chips.

Context:
1. Depending upon these test results, the project could move into the testing of the Harvester with a chip forwarder (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 188).

2. Because no wood is skidded over the ground, wood delivered via mobile chipper and chip forwarding bins should be essentially free of dirt (Journal of Forestry, Vol. 78, No. 1, January 1980, p. 17).

20. FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX, n.f., terme prop.

Définition:
Faucheuse-déchiqueteuse ou faucheuse-broyeuse équipée d'un dispositif collecteur servant à recevoir les copeaux durant la récolte de la biomasse, et capable de les transporter ensuite jusqu'à l'aire de stockage ou de les décharger dans un autre véhicule.

Contexte:
La production de la faucheuse-porteuse de copeaux est affectée par divers facteurs, dont la densité et le diamètre des broussailles ou des arbres récoltés, la distance au point de déchargement, la présence de souches, la nature et l'état du terrain.

MOBILE CHIP HARVESTER FORWARDER
syn. BIOMASS HARVESTER
BRUSH HARVESTER

Definition:
Mobile chipper harvester equipped with an onboard collecting device to accumulate the chips during harvesting and forwarding to the landing or to another vehicle.

Context:
1. Mobile Chip Harvester Forwarder – This category of machine is capable of performing all of the in-woods chip harvesting functions (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 182).

2. Georgia-Pacific's development of a biomass harvester is an attempt to utilize the small trees, brush, and other vegetation which compete with crop trees for water and soil nutrients (Georgia-Pacific Corporation, Tree and Brushwood Harvester, 1980, p. 1).

NOTE:
1. Ce type de machine est représenté par le Georgia Pacific "Brush Harvester (Jaws III)" et le Pallari "Brusharvester" lorsque ce dernier est muni de dispositifs collecteurs spéciaux pour copeaux.

2. Les dispositifs collecteurs de copeaux peuvent être soit une benne élévatrice ou basculante, soit un sac spécialement conçu pour cet usage.

3. La faucheuse-porteuse de copeaux mise au point par Georgia Pacific est équipée d'une tête de fauchage à disques, qui comporte deux disques munis chacun de huit dents, tournant en sens inverse vers l'avant de la machine et soulevant les arbres (de même qu'une partie des résidus au sol) sur la face des disques pour les diriger au centre vers des rouleaux d'alimentation horizontaux. Le Pallari présente un système à peu près analogue, sauf que les disques comportent chacun trois dents en forme de faucille et que les rouleaux d'alimentation sont verticaux.

4. Outre la faucheuse-déchiqueteuse (ou faucheuse-broyeuse) et la faucheuse-porteuse de copeaux, il serait sans doute possible de concevoir d'autres systèmes de récolte des peuplements d'arbres de faible diamètre, mais ce sont là les deux machines qui semblent offrir les plus grandes chances de succès. En effet, la déchiqueteuse d'arbres entiers et la déchiqueteuse-porteuse de copeaux dépendent d'autres machines dans le système pour abattre et grouper les arbres en vue du déchiquetage. Il existe divers moyens d'accomplir ces deux fonctions, depuis l'abattage à la scie à chaîne et l'empilage manuel jusqu'à l'utilisation d'abatteuses à flèche groupeuse sophistiquées. Mais la productivité alors obtenue n'est économiquement rentable que si les arbres atteignent un certain diamètre. Dans le cas de peuplements destinés à la biomasse (faible diamètre) il faut peut-être songer à des méthodes d'abattage con-

NOTE:
1. Machines in this caterogy comprise the Georgia Pacific "Brush Harvester (Jaws III)", and the Pallari "Brush-arvester" when equipped with special chip collectors.

2. Chip collecting devices are either a dumping or high-tilting box, or chip sacks.

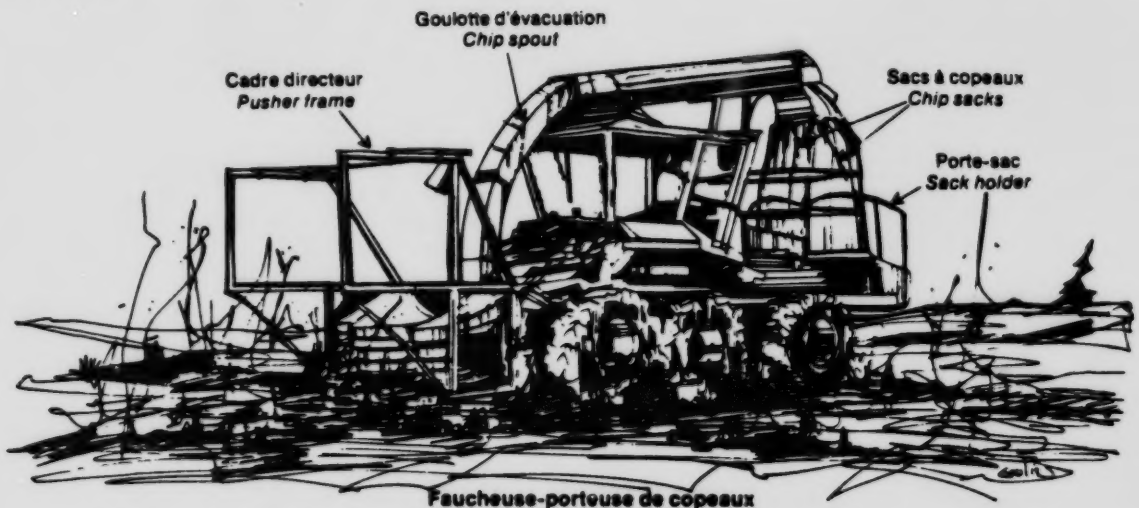
3. The chip harvester forwarder, developed by Georgia Pacific, is equipped with a disk swath felling head, consisting of two counter-rotating disks having eight teeth each and turning inward toward the center of the head. They sever small trees and brush and lift them (along with a portion of the residue on the ground) onto the surface of the disks, where all material is moved between horizontal feed rollers. The Pallari harvester uses a similar technique, however the cutting disks have three curved teeth and the feed rollers are vertical.

4. Although other harvesting systems might be developed, at this time the swath-felling mobile chipper and the chip harvester forwarder are the most promising machines for harvesting small tree stands and forest residue. Portable chippers and mobile chipper forwarders are dependent on other machines in the system for felling and bunching the trees before chipping. Whether it be manual chainsaw felling and manual piling, or very sophisticated feller-bunchers, these methods become less and less favorable economically, as tree size decreases. In stands composed predominantly of small diameter trees harvested for biomass, machines capable of felling several trees while moving continuously might offer a solution.

Voir aussi:
FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 15.

See also:
SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER, 15.

ILLUSTRATION:



Faucheuse-porteuse de copeaux
Mobile chip harvester forwarder

Mécanisme du Pallari
Pallari's mechanism

Mécanisme du Georgia-Pacific
Georgia Pacific's mechanism

21. BENNE À COPEAUX, n.f.

Définition:
Benne basculante ou élévatrice, à décharge latérale ou par l'arrière, montée sur le châssis arrière d'un porteur de copeaux ou d'une machine multifonctionnelle et dans laquelle les copeaux sont projetés durant la récolte de la biomasse.

Contexte:
[---] soit en ayant une coupeuse mobile montée sur un porteur 6 x 6 avec une benne à copeaux à la place du plateau de débardage (Annales de mécanisation forestière 1981, 1982, p. 137).

ILLUSTRATION:
Voir RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS, 34.

CHIP HOPPER
abbr. HOPPER
syn. CHIP BIN
abbr. BIN
CONTAINER

Definition:
Dumping or high-tilting box, unloading laterally or backwards, mounted on the rear chassis of a chip forwarder or a multi-function machine and accumulating chips projected by the chipper during biomass harvesting.

Context:
1. Features: [---] 5) On-board 240 cubic foot capacity chip hopper (Georgia-Pacific Corporation, Tree and Brushwood Harvester, 1980).

2. Once the hopper is full, which the operator can note by glancing to his right side, cutting operations are halted and the residue can be dumped at a prescribed area (Georgia-Pacific Corporation, Tree and Brushwood Harvester, 1980).

3. Drive unit: Built into a well protected location below the chip bin [...] (Bruks Mekaniska AB, Bruks Chip Harvester Type 1000 CT).

4. When the container is full, the mobile chipper forwarder travels back to the landing or other discharge point for self unloading of the chips (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 182).

ILLUSTRATION:
See LOGGING RESIDUE HARVESTER, 34.

:. BENNE ÉLÉVATRICE, n.f.

Définition:
Benne basculante qui est d'abord soulevée verticalement, avant d'être basculée pour décharger son contenu dans une trémie, une remorque ou un conteneur.

Contexte:
Lors du choix d'une benne élévatrice, il faut bien vérifier que la hauteur de bennage dépasse d'au moins 30 cm la hauteur de la paroi du véhicule à charger et que l'inclinaison de la benne est bien suffisante pour que des plaquettes en tombent (Étude générale R339, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 46, 3e trimestre 1982, p. 7).

HIGH-TILTING CHIP BIN
abbr. HIGH-TILTING BIN
syn. HIGH-TILTING CONTAINER

Definition:
Bin, that is first lifted vertically before being dumped laterally, to unload its contents into a hopper, trailer or container for further transportation.

Context:
1. The system consists of a drive unit, chipper unit, high-tilting chip bin and the associated hydraulic and electrical equipment (Bruks Mekaniska AB, Bruks Chip Harvester Type 1000 CT).

2. The sideways high-tilting container is mounted on special brackets which make possible a transport height lower than the dumping height (Bruks Mekaniska AB, Chips. Catalogue Showing Equipment and Machines for Chip Production, p. 13).

:. SAC À COPEAUX, n.m.

Définition:
Sac fait d'un matériau résistant, porté sur le châssis de la faucheuse-porteuse de copeaux et dans lequel le déchiqueteur projette les copeaux durant la récolte de la biomasse.

Contexte:
Les sacs à copeaux peuvent être empilés à la jetée en attendant l'arrivée d'un camion.

NOTE:
Le Pallari porte deux ou plusieurs sacs à la fois. Lorsque le premier est plein, il le laisse tomber sur le parterre de coupe tout en continuant à remplir le second et ainsi de suite. Les sacs sont ensuite repris au moment voulu par un porteur.

ILLUSTRATION:
Voir FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX, 20.

CHIP SACK

Definition:
Sack composed of resistant material, mounted on the chip harvester forwarder frame, to receive the chips during biomass harvesting.

Context:
As the weight of a full chip sack may be several hundred kilos, it has to be very strong (P. Hakkila and H. Kalaja, Harvesting Fuel Chips with the Pallari Swath Harvester, 1980, p. 8).

NOTE:
The Pallari Brusharvester carries two chip sacks or more. They are filled one at a time and dropped to the ground to be picked-up later by a forwarder.

ILLUSTRATION:
See MOBILE CHIP HARVESTER FORWARDER, 20.

24. PORTE-SAC, n.m.

Définition:
Mécanisme inclinable situé à l'arrière d'une faucheuse-porteuse de copeaux et supportant les sacs à copeaux durant la récolte de la biomasse.

Contexte:
Le porte-sac situé à l'arrière peut retenir deux sacs à la fois.

ILLUSTRATION:
Voir FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX, 20.

SACK HOLDER

Definition:
Tilting mechanism mounted at the rear of a mobile chip harvester forwarder, to support chip sacks during biomass harvesting.

Context:
The sacking part consists of a chip conveyor, sack holder and sacks (P. Hakkila and H. Kalaja, Harvesting Fuel Chips with the Pallari Swath Harvester, 1980, p. 7).

ILLUSTRATION:
See MOBILE CHIP HARVESTER FORWARDER, 20

1.1.2 Exploitation intégrale

5. EXPLOITATION INTÉGRALE, n.f.

Définition:
Méthode d'exploitation forestière qui consiste à récolter l'arbre entier avec la souche et les racines.

Contexte:
C'est ce qu'on appelle en anglais le total tree logging et qui pourrait être rendu en français par exploitation intégrale (T. Sicard-Lussier, Mécanisation forestière I, 1982, p. 187).

NOTE:
1. On trouve parfois dans la documentation anglaise des termes comme whole-tree ou full-tree logging, whole-tree ou full-tree harvesting et whole-tree ou full-tree utilization, dans un contexte où il est clair qu'il s'agit d'exploitation intégrale ou d'utilisation intégrale de l'arbre. Pour éviter toute confusion entre l'exploitation par arbres entiers et l'exploitation intégrale, il faut se rappeler que le terme whole-tree ou full-tree logging se traduit par exploitation par arbres entiers, que les syntagmes formés avec whole-tree et full-tree se rapportent à l'exploitation de l'arbre avec ses branches et ses feuilles, mais non avec sa racine et qu'on utilise total tree et complete tree lorsqu'il s'agit d'exploitation intégrale, souches et racines comprises.

1.1.2 Total tree logging

TOTAL TREE LOGGING
syn. COMPLETE TREE LOGGING
COMPLETE-TREE HARVESTING

Definition:
Logging method consisting of harvesting the total tree, with stump and roots attached.

Context:
However, where intensive utilization of tops, or whole-tree or complete-tree harvesting is practiced, the concept would not be applicable (Transactions of the ASAE, Vol. 20, No. 1, January-February 1977, p. 14).

NOTE:
1. The terms whole-tree or full-tree logging, whole-tree or full-tree harvesting and whole-tree or full-tree utilization are frequently used in English when discussing total tree logging or total tree utilization. To avoid confusion, it should be noted that whole-tree or full-tree logging is translated by exploitation par arbres entiers. Whole-tree and full-tree refer to the tree with branches and leaves, but not with its stump or roots and total tree or complete tree should be used when referring to exploitation intégrale, that is with stump and roots.

2. Il est de plus en plus question maintenant d'utiliser aussi la souche de l'arbre. La récolte peut alors se faire de trois façons différentes:

- l'arbre est coupé selon une des méthodes habituelles et les souches sont extraites plus tard par une dessoucheuse;

- un extracteur d'arbres arrache l'arbre au complet; puis on sectionne la souche et on la laisse sur le parterre de coupe où elle sera reprise plus tard;

Dans les deux cas, troncs et souches sont transportés indépendamment hors du parterre de coupe; on peut donc dire qu'il s'agit d'un des modes d'exploitation traditionnels, mais avec récupération de souches.

- dans le troisième cas, l'extracteur d'arbres arrache l'arbre au complet et celui-ci sera transporté hors du parterre de coupe avec sa racine. Les arbres seront alors de préférence chargés tête-bêche, c'est-à-dire en alternant les cimes et les racines pour réduire le volume occupé.

Voir aussi:
DESSOUCHAGE, 80.

26. EXTRACTEUR D'ARBRES, n.m., terme prop.

Définition:
Dispositif de récolte de l'arbre complet, qui sectionne le système radiculaire radial de l'arbre et en extrait le pivot tout en soulevant l'arbre pour le déposer ensuite au sol.

2. Stump utilization is being considered increasingly as a possible means of obtaining more fiber from the tree. Stump harvesting can be done in three different ways:
- the tree is cut according to one of the usual methods and the stumps extracted later by a stumping machine;

- a tree extractor pulls the tree from the ground with taproot attached; the stump is then severed, left on the cutting area and picked-up later by a stump forwarder;

In both cases, stems and stumps are hauled independently, which means a conventional logging method, with stump recovery.

- in the third case, the tree extractor pulls the total tree from the ground with taproot attached and the tree will then be skidded to roadside or landing. If forwarded, the trees will generally be loaded with root ends alternated for greater compactness.

See also:
STUMP EXTRACTION, 80.

TREE EXTRACTOR
syn. TREE LIFTER
TREE PULLER-BUNCHER
abbr. TREE PULLER
PULLER-BUNCHER
COMPLETE-TREE HARVESTER
HARVESTER-BUNCHER
TREE UPROOTER
WHOLE-TREE HARVESTER

Definition:
Complete tree harvesting equipment that severs the lateral root system, lifts the tree from the ground with its taproot attached and drops it on the forest floor.

Context:

1. The TX-1600 tree extractor (sometimes called a tree lifter), developed by Dr. Peter Koch, is a felling attachment which may be mounted on a conventional front-end loader of the 80 - to 100 - horsepower class (LSU Forestry Notes, Note 122, November 1977, p. 1).

2. For the past two years International Paper Co. has pioneered in the use of this revolutionary tree puller-buncher to harvest pulpwood in slash, loblolly and longleaf pine stands in northwest Florida (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 26).

3. Readily apparent was the advantage of the tree puller in saving an estimated 50% or more of site preparation costs (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 28).

4. A harvester-buncher that mounts on the front of a wheeled skidder has been developed to pull entire pine trees from the ground like carrots (Forest Products Journal, Vol. 25, No. 4, April 1975, p. 23).

5. This prototype whole-tree harvester grips a young pine near ground level and lifts it free with taproot attached. To minimize lifting forces, lateral roots must be sheared off first. The harvester is mounted on, and powered by, a rubber-tired prime mover (Journal of Forestry, Vol. 72, No. 5, May 1974, p. 268).

NOTE:

1. The explanation given in 25., note 1, for total tree logging, applies here. Thus, one should avoid the term whole tree harvester, which refers to the harvesting of trees with their branches and leaves, but not with their stump and roots.

NOTE:

1. La même précision que dans la note 1 du dossier précédent s'impose ici. Il faudrait donc éviter le terme whole-tree harvester qui se rapporte plutôt aux arbres entiers avec branches et feuillage, mais non avec leur racine.

2. L'extracteur d'arbres accomplit en fait un travail analogue à une tête d'abattage, sauf qu'il ne sectionne pas l'arbre au-dessus du sol. On ne peut donc parler d'abattage proprement dit. La méthode utilisée ici se rapproche du dessouchage par carottage et convient particulièrement aux arbres comme les pins qui ont une racine pivotante profonde et peu étendue. Dans le cas d'arbres ayant un système radiculaire très étendu en surface, il faudrait sans doute songer à arracher l'ensemble des racines en dotant l'extracteur d'un mécanisme de vibration, puis à sectionner les racines latérales une fois l'arbre arraché.

2. The work done by the tree extractor is similar to that of a felling head, except it does not sever the tree above ground. It would then be inappropriate to refer to felling. The method used here is close to helical stumping and is particularly applicable for trees such as pine, which have a long main taproot. Trees that have shallow horizontal roots require a different type of machine; for example, an extractor equipped with a vibrating device. The lateral roots would then be severed after extraction.

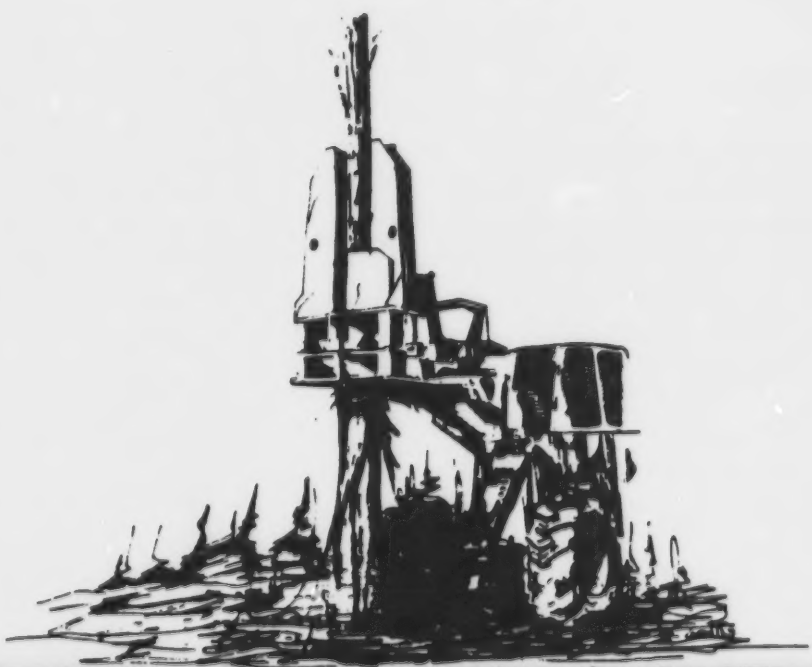
3. L'engin équipé du dispositif d'extraction des arbres qui fait l'objet du présent dossier sera également désigné par le terme extracteur d'arbres.

3. A machine equipped with a tree extracting mechanism will also be called a tree extractor.

Voir aussi:
DESSOUCHAGE, 80;
DESSOUCHEUSE, 81.

See also:
STUMP EXTRACTION, 80;
STUMP EXTRACTING MACHINE, 81.

ILLUSTRATION:



27. CISAILLE TUBULAIRE, n.f.

Définition:
Cisaille formée de deux sections semi-circulaires se terminant à leur partie inférieure par une arête tranchante et s'enfonçant dans le sol pour sectionner les racines latérales, tandis qu'une pince serre l'arbre.

Contexte:
Le prototype de la cisaille tubulaire a été essayé en septembre dernier dans une plantation de pins de 15 ans.

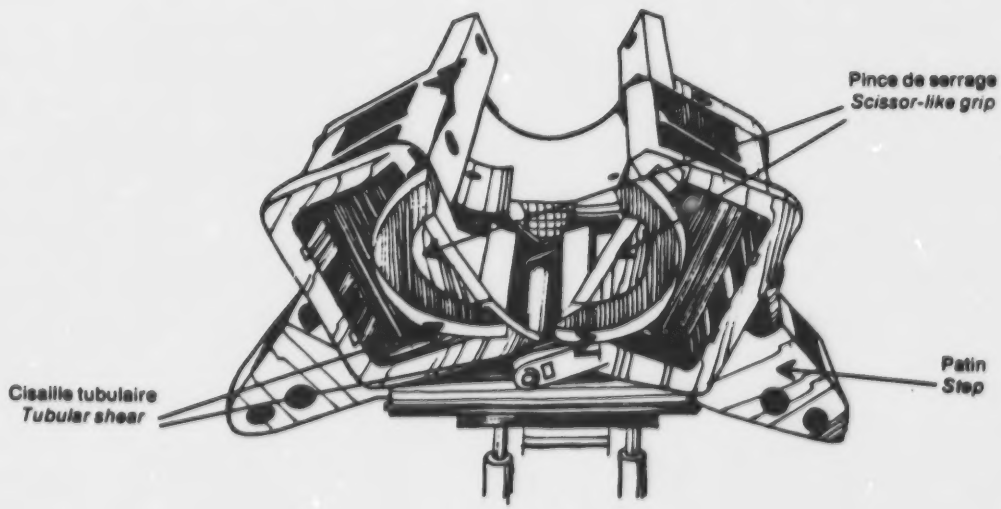
TUBULAR SHEAR
syn. LATERAL ROOT SHEAR

Definition:
Shear having two hinged semi-circular sections sharpened on their lower edges, which are forced vertically into the ground to sever the lateral roots while the tree is held in a tight scissor-like grip.

Context:
1. During the first stage of harvesting, the tubular shear was driven into the ground to sever the laterals (Journal of Forestry, Vol. 72, No. 5, May 1974, p. 267).

2. These modifications may include lengthening the stroke of the lateral root pad [...] to prevent its indentation into the ground with consequent loss of jacking action (Forest Products Journal , Vol. 25, No. 4, April 1975, p. 30).

ILLUSTRATION:



28. PINCE DE SERRAGE, n.f.

Définition:
Pince constituée de deux bras munis de couteaux horizontaux qui serrent l'arbre au niveau du sol et s'enfoncent légèrement dans le tronc pour permettre de soulever l'arbre avec la souche au moment de l'extraction.

Contexte:
Durant la fin de course du vérin hydraulique, les patins appuient sur le sol et la pince de serrage se soulève, entraînant avec elle l'arbre et sa racine.

NOTE:
L'abréviation grip vaut également pour scissor-like grip et pour la variante scissors-type grip.

ILLUSTRATION:
Voir CISAILLE TUBULAIRE, 27.

SCISSOR-LIKE GRIP
syn. SCISSORS-TYPE GRIP
abbr. GRIP
STEM-GRIPPING MECHANISM

Definition:
Grip having two arms equipped with stout horizontal knives that close around the tree at ground level and bite into the trunk, providing a firm hold for the extraction of the tree and its taproot.

Context:
1. A powerful scissor-like grip opened up and closed around the tree at ground level, biting into the trunk with a pair of stout horizontal knife blades (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 27).

2. The first is a scissors-type grip equipped with a pair of stout horizontal knife blades that close at the ground-line and bite several inches into the stem from opposite sides of the tree (Forest Products Journal, Vol, 25, No. 4, April 1975, p. 23).

3. Another stroke of the hydraulic cylinder put more force on the shear, causing the steps [...] and the grip to rise about nine in., jacking the tree free from the earth with tap root attached (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 27-28).

4. Lifting force was provided by a stem-gripping mechanism attached to a long-stroke hydraulic cylinder anchored to the upper framework of a standard Rome shear (Forest Products Journal, Vol. 25, No. 4, April 1975, p. 26).

NOTE:
Grip is used as an abbreviation for scissor-like grip and scissors-type grip.

ILLUSTRATION:
See TUBULAR SHEAR, 27.

29. PATIN, n.m.

Définition:
Plaque métallique disposée de chaque côté de la cisaille tubulaire et qui appuie sur le sol pour stabiliser l'extracteur durant le soulèvement de l'arbre.

Contexte:
On aperçoit sur la figure suivante les deux patins qui appuient à la surface du sol durant les neuf derniers pouces d'extension de la cisaille.

ILLUSTRATION:
Voir CISAILLE TUBULAIRE, 27.

STEP

Definition:
Metal plate, on either side of the tubular shear, bearing against the ground to stabilize the extractor while lifting the tree free from the earth.

Context:
Another stroke of the hydraulic cylinder put more force on the shear, causing the steps to bear against the ground and the grip [...] (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 27-28).

ILLUSTRATION:
See TUBULAR SHEAR, 27.

0. POSTE DE LAVAGE, n.m.

Définition:
Poste où les souches ou les arbres non encore séparés de leur souche sont lavés par un jet d'eau à haute pression pour les nettoyer des débris et de la terre.

Contexte:
À leur arrivée à l'usine, les souches sont sectionnées et acheminées vers un poste de lavage avant d'être réduites en copeaux.

WASHING STATION

Definition:
Station where the stumps or the trees, with taproot still attached, are washed by a high pressure water jet to clean off dirt.

Context:
The loads of trees, approximately six cords per load, were hauled to a washing station en route to the mill in Panama City and given a 30 minute washing with two high pressure hoses (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 28).

1.2 Récupération des résidus d'exploitation

1.2.1 Dans les coupes rases

1.2 Recovery of logging residue

1.2.1 Clearcutting

31. RÉSIDUS D'EXPLOITATION, n.m. pl.
syn. RÉSIDUS DE COUPE, n.m. pl.

Définition:
Matière ligneuse constituée des houppiers, branches, troncs brisés, arbustes et essences non marchandes abandonnés en forêt après l'exploitation.

Contexte:
1. L'objectif principal de ces projets était la recherche de techniques pour récupérer et transformer les résidus d'exploitation pour la production éventuelle d'énergie (FERIC, Rapport annuel 1981, 1982, p. 8).

2. On devrait au départ exploiter les peuplements forestiers dégradés mais on devra, au fur et à mesure de leur disparition, se tourner davantage vers les plantations d'arbres à croissance rapide et la récolte des résidus de coupe (Opérations forestières et de scierie, vol. 18, n° 2, mars 1983, p. 14).

NOTE:
1. Par extension, dans le contexte de la récolte de la biomasse forestière, les arbres non marchands laissés debout ici et là après une coupe rase ou prélevés dans une coupe d'éclaircie (résidus d'éclaircie) sont assimilés aux résidus d'exploitation. En effet, ils seront généralement coupés à la scie à chaîne ou abattus par l'engin qui récupère les résidus, et ils subiront par la suite le même traitement que ces derniers.

LOGGING RESIDUES

Definition:
Wood fiber made up of tops, branches, broken stems, brush and non-merchantable species left on the cutting area after logging.

Context:
The recovery of logging residues alone could double wood fibre utilization within the existing forest land base (D. Brière, Recent Developments in the Recovery of Logging Residue for Energy, 1983).

NOTE:
1. Forest biomass harvested from non merchantable trees left standing after clearcutting or removed by thinning operations is considered as logging residue. These trees are generally cut with a chain saw or by a residue collecting machine.

2. L'utilisation des souches remonte à une date très récente et ne se pratique encore que rarement. C'est pourquoi le terme résidus d'exploitation n'englobe généralement pas les souches, même si à la rigueur elles pourraient être considérées comme faisant partie de ces résidus. D'ailleurs, les techniques et les machines qui permettent de les récolter étant bien différentes de celles qui servent à la récupération des autres résidus, nous les traiterons séparément.

2. Stump utilization was not practiced until quite recently and is still the exception. Consequently, stumps are not usually included when speaking of logging residue, even if they might be considered as such. Furthermore, stump harvesting methods and machines are so different from those used for the recovery of other residue, that they will be treated separately.

3. Le transport des résidus d'exploitation hors du parterre de coupe peut se révéler une opération difficile, étant donné leur manque d'uniformité - arbres non marchands, troncs brisés, houppiers, branches - et leur fort encombrement. La solution idéale semble être de les réduire sur place sous une forme plus régulière (fragments, copeaux), à l'aide de machines qui les achemineront elles-mêmes vers un endroit de stockage (récupératrice-porteuse de fragments, déchiqueteuse-porteuse), ou encore de les presser en balles prêtes à une conversion ultérieure en énergie (ramasseuse-presse), ou enfin de les transporter au moyen de véhicules équipés de dispositifs de compactage.

3. Hauling of logging residue (non merchantable trees, broken stems, tops, branches) out of the cutting area can be a difficult operation, as it lacks uniformity and is bulky and difficult to handle. Various solutions are possible: reduce the residue to a more regular form (chunks, chips) with machines that will transport it to the stocking area (logging residue harvester, chipper-forwarder), or compact it into bales ready for further conversion into energy (residue pick-up baler), or transport it with vehicles equipped with a compacting device.

1.2.1.1 Sur le parterre de coupe

32. RÂTEAU-GRAPPIN, n.m., terme prop.

Définition:
Râteau monté sur un engin forestier, qui comporte une rangée de dents verticales ramassant les résidus d'exploitation au sol, ainsi que des bras supérieurs pivotants qui s'abaissent contre les dents pour presser les résidus et permettre de les transporter en bordure de route.

NOTE:
1. Ce type de râteau est parfois désigné dans la documentation par le terme râteau à résidus qui nous semble manquer de précision. Nous lui préférons râteau-grappin, beaucoup plus descriptif.

2. Le terme rake sert d'abréviation aussi bien pour grapple rake que pour residue collection rake et site-preparation rake.

3. Le râteau-grappin est évidemment dérivé des râteaux qui servent à la préparation du sol en vue du reboisement. Mais alors que ces derniers ne font que débarrasser les coupes des résidus d'exploitation en les regroupant en tas dispersés ici et là, le râteau-grappin peut vraiment, grâce à la présence de bras supérieurs mobiles, saisir le tas de résidus, le presser et le transporter par exemple en bordure de route ou à la jetée où se trouve la déchiqueteuse d'arbres entiers, prête à réduire les résidus en

1.2.1.1 On cutting area

GRAPPLE RAKE
syn. RESIDUE COLLECTION RAKE
SITE PREPARATION RAKE
abbr. RAKE

Definition:
Rake mounted on a logging machine, having one row of vertical teeth which collect logging residue on the ground, and upper pivoted arms which are lowered toward the teeth to compact the residue and carry it to roadside.

Context:
The rake is designed to recover up to 50 tons of fuel-wood per hour during site preparation (Technical Release, 83-R-9, January 1983, p. 1).

NOTE:
1. In French, this type of rake is sometimes called râteau à résidus, which lacks precision. Râteau-grappin is more descriptive.

2. The English term rake is used as an abbreviation for grapple rake, residue collection rake and site preparation rake.

3. The grapple rake is derived from the rakes used for site preparation. Whereas these rakes gather residue and leave it in piles on the cutting area, the grapple rake uses upper pivoting arms to grab the pile of residue, compacts it, then carries it to roadside or to the landing where the chipper or hogger is located.

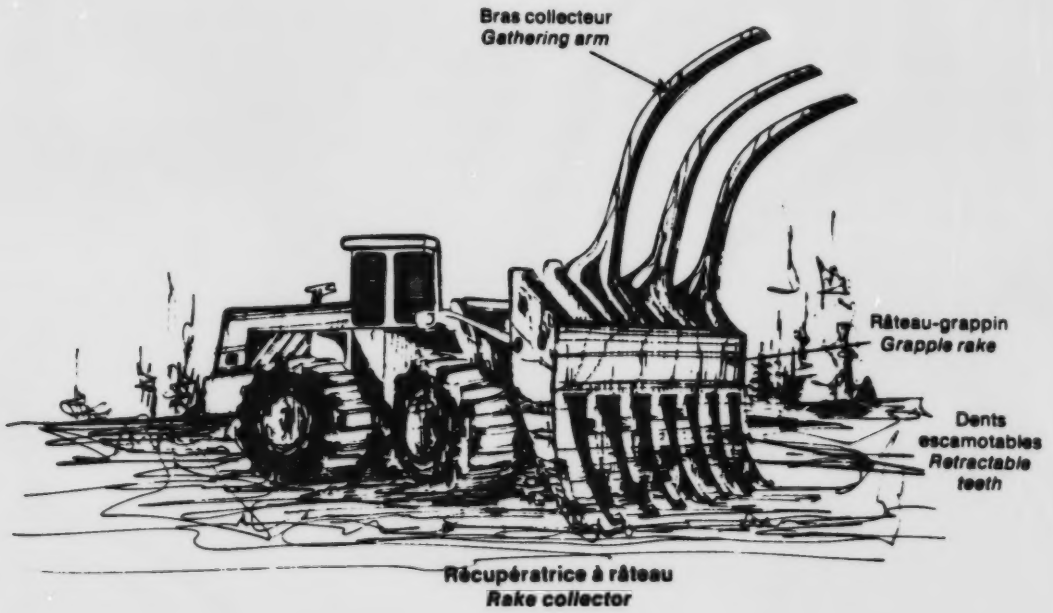
4. Le tracteur équipé d'un râteau de ce genre pourrait être désigné par le terme récupératrice à râteau.

5. Les dents du râteau-grappin sont escamotables, c'est-à-dire que grâce à un vérin hydraulique individuel, chacune peut se rétracter lorsqu'elle frappe un obstacle et reprendre ensuite sa position initiale.

ILLUSTRATION:

4. A tractor equipped with such a rake might be called a rake collector.

5. The grapple rake teeth are retractable; an independent hydraulic cylinder allows each one of them to retract when in contact with an obstacle to subsequently return to its original setting.



13. BRAS COLLECTEUR, n.m.

GATHERING ARM
abbr. ARM

Définition:
Bras pivotant qui se referme sur les dents du râteau-grappin pour presser les résidus et les retenir.

Definition:
Pivoting arm which is lowered towards the grapple-rake teeth to compact and retain the residue.

Contexte:
Le râteau-grappin standard peut avoir jusqu'à trois bras collecteurs.

ILLUSTRATION:
Voir RÂTEAU-GRAPPIN, 32.

34. RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS, n.m., terme prop.

Définition:
Engin forestier automoteur qui ramasse les résidus d'exploitation, les coupe en fragments et les transporte à une aire de stockage ou à un autre véhicule de transport.

NOTE:
1. D'après le Petit Robert, le verbe récupérer a le sens de "recueillir (ce qui serait perdu ou inutilisé)". Il convient donc parfaitement bien au ramassage de résidus d'exploitation qui autrement seraient abandonnés sur place. Le terme récupératrice peut alors sous-entendre qu'il s'agit de résidus, d'où l'absence du mot résidus dans l'appellation de la machine.

2. Le terme RECUFOR est une marque déposée correspondant à un prototype et ne peut être retenu pour désigner la récupératrice-porteuse de fragments. À défaut de contexte attestant l'emploi des autres termes figurant dans l'entrée anglaise, il a été retenu ici pour prouver l'existence de la notion.

Context:
The Biomaster rake with six teeth and two arms lists for $ 28,000 (Technical Release, 83-R-9, January 1983, p. 1).

ILLUSTRATION:
See GRAPPLE-RAKE, 32.

LOGGING RESIDUE HARVESTER
syn. RESIDUE COLLECTOR-PROCESSOR-FORWARDER
BIOMASS HARVESTER
RECUFOR

Definition:
Self-propelled logging machine that collects and chunks logging residue while traveling to a stocking area or another transport vehicle.

Context:
Following the ongoing modifications, it is expected that the RECUFOR will cover 0.5 ha per hour and collect the logging residues, excluding stumps (D.Brière, Recent Developments in the Recovery of Logging Residue for Energy, 1983).

NOTE:

2. The term RECUFOR is a registered trademark for a prototype and thus cannot be used to designate the logging residue harvester. It has been included in the heading to emphasize the existence of the concept due to the lack of context attesting to the use of the other English terms.

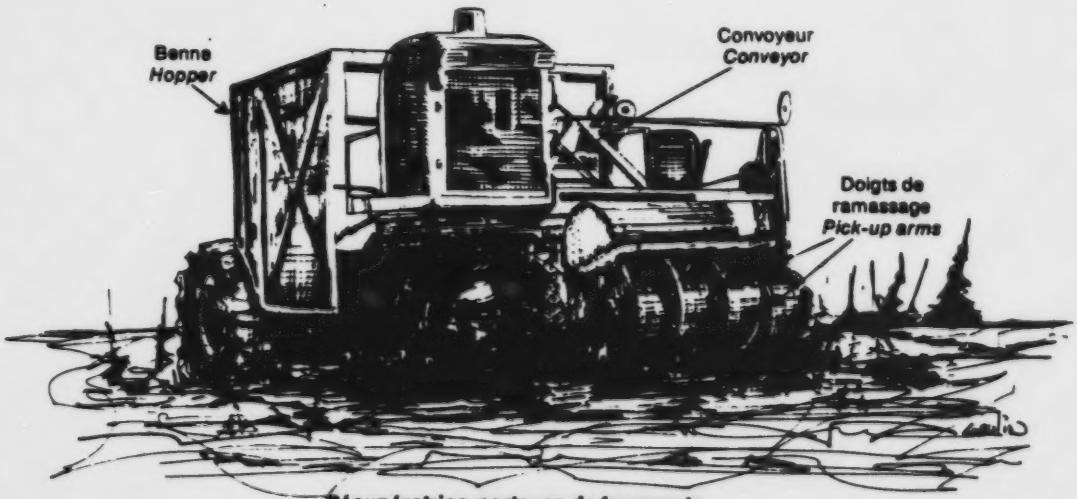
3. Ce type de machine est représenté par le RECUFOR. Il s'agit d'un engin forestier automoteur qui possède à l'avant un cylindre de trois pieds de diamètre muni de trois rangées de dents incurvées ou doigts de ramassage qui saisissent les résidus d'exploitation pour les amener vers des couteaux agissant comme outils de contre-coupe. La plupart des résidus sous forme de billes sont alors coupés en longueurs à peu près égales à l'espacement entre les lames fixes, soit 38 cm. Quant aux branches, elles sont brisées et déchiquetées. Les fragments obtenus sont acheminés par un convoyeur jusqu'à une benne à déversement latéral montée au centre de la machine.

3. This type of machine is represented by the RECUFOR which is a self-propelled logging machine having a one-meter diameter cylinder on which are mounted three rows of curved teeth that pick-up the residue and shear it against fixed knives. Most of the residue in the form of logs is sheared to 38 cm lengths (the space between knives) while the branches are cut to pieces. A conveyor carries the chunks to a side-dumping bin mounted at the center of the machine.

4. On pourrait, selon le même principe, former le terme récupératrice-porteuse de copeaux pour désigner une machine qui se déplacerait sur le parterre de coupe en ramassant les résidus, puis les réduirait en copeaux qu'elle transporterait au point de stockage.

4. The term harvester-chip-collector could be used for a machine which would travel around the cutting area collecting residue, then chipping and transporting it to a storage area.

ILLUSTRATION:



Récupératrice-porteuse de fragments
Logging residue harvester

35. TÊTE DE RAMASSAGE, n.f., terme prop.

Définition:
Mécanisme de ramassage des résidus d'exploitation qui comporte un rotor horizontal muni de dents ou de fléaux ainsi qu'un mécanisme de broyage ou de fragmentation.

NOTE:
Le RECUFOR est une machine dont la tête de ramassage comprend un mécanisme de cisaillement, alors que la tête du Double-O-Shredder comporte un broyeur.

ILLUSTRATION:
Voir RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS, 34.

RESIDUE PICK-UP ASSEMBLY
syn. SLASH REDUCTION CUTTER HEAD
CUTTER ASSEMBLY

Definition:
Mechanism for picking-up logging residue, consisting of a horizontal rotor equipped with teeth or flails, and a hogging or chunking mechanism.

Context:
1. The residue pick-up assembly of the attachment 300 comprises: a hub 303 (or shaft) journalled for rotation about a horizontal axis and driven by a pair of hydraulic motors 304 by way of belts or chains 305 (FERIC, [description of RECUFOR]).

2. The machine consists of an all wheel steer, hydrostatically driven carrier vehicle and a slash reduction cutter head (Technical Release, 77-R-33, July 1977, p. 1).

3. The cutter head is a horizontal shaft drum that rotates away from the operator, pulling trees, brush and logs into a reduction cavity in the top of the cutter assembly (Technical Release, 77-R-33, July 1977, p. 1).

NOTE:
The RECUFOR has a pick-up assembly with a shearing mechanism, while the Double-O-Shredder has a shredding mechanism.

ILLUSTRATION:
See LOGGING RESIDUE HARVESTER, 34.

36. DOIGT DE RAMASSAGE, n.m.

Définition:
Dent droite ou incurvée, montée sur un rotor, qui ramasse les résidus d'exploitation et peut aussi servir à les couper ou à les broyer.

Contexte:
Construit avec un rotor muni de 15 doigts de ramassage disposés sur trois rangées, le prototype actuel mesure 12 m de longueur par 4 m de largeur.

ILLUSTRATION:
Voir RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS, 34.

PICK-UP ARM

Definition:
Straight or curved tooth, mounted on a rotor, to pick-up logging residue and shear it against fixed knives or shred it against an anvil.

Context:
[...] comprises additional cutting knives mounted at the base of a slot through which the pick-up arms pass (FERIC, [description of RECUFOR]).

ILLUSTRATION:
See LOGGING RESIDUE HARVESTER, 34.

37. TAMBOUR DE RAMASSAGE, n.m.

Définition:
Rotor horizontal sur lequel sont montées les dents ou doigts de ramassage et dont la direction de rotation permet de ramasser les résidus au sol et de les diriger vers le mécanisme de fragmentation ou de broyage.

Contexte:
La machine n'est pas conçue pour la récolte des souches, car les racines finissent presque toujours par bloquer le tambour de ramassage.

NOTE:
Le terme tambour de ramassage figure également, appliqué dans le domaine agricole, dans le Dictionnaire technique de la mécanisation agricole (C.N.E.E.M.A., 1970, p. 406).

ILLUSTRATION:
Voir RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS, 34.

PICK-UP CYLINDER
syn. CUTTER DRUM

Definition:
Horizontal rotor equipped with teeth or pick-up arms that rotate upwards and collect the residue on the ground to propel it toward the chunking or shredding mechanism.

Context:
Both the prime-mover propulsion system and the cutter drum are hydrostatically powered (Technical Release, 77-R-33, July 1977. p. 2).

NOTE:
The French term doigt de ramassage appears in the Dictionnaire technique de la mécanisation agricole (C.N.E.E.M.A., 1970, p. 406).

ILLUSTRATION:
See LOGGING RESIDUE HARVESTER, 34.

38. DÉBROUSSAILLEUSE-BROYEUSE, n.m., terme prop.

Définition:
Engin forestier automoteur muni à l'avant d'un cylindre horizontal qui broie les résidus d'exploitation et parfois même les souches en copeaux qui sont épandus sur le sol pour former un mulch.

NOTE:
1. Le contexte 1. est constitué par le titre d'un article.

2. Le terme anglais shredder est utilisé comme abréviation des termes site preparation shredder et shredder-mulcher.

3. Le Double-"O"-Shredder est une débroussailleuse-broyeuse, qui débarrasse le sol de la végétation et est capable de broyer les souches aussi bien sous la surface du sol qu'au-dessus du sol; elle combine donc les opérations effectuées par la débroussailleuse et par la broyeuse de souches.

RESIDUE SHREDDING SITE-PREPARATION MACHINE
syn. SITE PREPARATION SHREDDING MACHINE
SITE PREPARATION SHREDDER
SHREDDING-MULCHING MACHINE
SHREDDER-MULCHER
abbr. SHREDDER
SLASH REDUCTION MACHINE

Definition:
Self-propelled logging machine, equipped in front with a horizontal rotor or cylinder which shreds logging residue, and occasionally stumps, into chips that are spread on the ground as mulch.

Context:
1. Development of a 600-HP Residue Shredding Site-Preparation Machine (J.R. O'Dair, Development of a 600-HP Residue Shredding Site-Preparation Machine, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, 1978, p. 155).

2. The shredder features an 8-foot wide cutting swath (Technical Release, 77-R-33, July 1977, p. 2).

3. A number of slash reduction machines are either in production or are being tested at this time (Technical Release, 77-R-33, July 1977, p. 3).

NOTE:
1. Context 1. is the title of an article.

2. The English term shredder is used as an abbreviation for site preparation shredder and shredder-mulcher.

3. The Double-O-Shredder is a site preparation shredder able to hog tops, branches and underbrush as well as stumps (above and below ground level). It is a combination of a slash cutter and a stump auger.

4. Il est fait mention dans la documentation du terme broyeuse-empileuse (Journées forestières 1982, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, nº 45, 2e trimestre 1982, p. 2), pour désigner une débroussailleuse qui permet de broyer les matériaux ligneux dont le diamètre ne dépasse pas 7 cm et de récupérer le broyat obtenu dans une benne à déversement latéral qui fait partie intégrante de la machine.

4. The term broyeuse-empileuse is used in French (Journées forestières 1982, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, nº 45, 2e trimestre 1982, p. 2), to describe a slash cutter that hogs wooden material under 7 cm in diameter and recovers the chips obtained in a side-dumping box integrated to the machine.

39. PORTEUR DE RÉSIDUS, n.m.

Définition:
Engin forestier automoteur servant au débardage des résidus d'exploitation.

Contexte:
Avec son grappin mieux adapté et son plateau muni de bras presseurs, le porteur de résidus donne un meilleur rendement.

NOTE:
Il s'agit généralement de porteurs de bois courts légèrement modifiés, ou munis de dispositifs de compactage.

RESIDUE FORWARDER

Definition:
Self-propelled logging machine used for hauling logging residue.

NOTE:
It is generally a short wood forwarder that is modified or equipped with compacting devices.

40. PRESSAGE DES RÉSIDUS, n.m., terme prop.

Définition:
Opération forestière consistant à presser et à attacher les résidus d'exploitation en balles denses, à l'aide d'une machine dérivée de la presse à foin utilisée en agriculture.

FOREST RESIDUE BALING
abbr. BALING

Definition:
Forest operation consisting of compacting and binding logging residue in dense bales, with a machine derived from the hay baler used in agriculture.

Context:
Baling of forest materials is attractive for many of the same reasons it is used in agriculture and for metal and paper reclamation (P. Schiess and K. Yonaka, Baling-A New Concept in Residue Handling, 1983, p. 6).

41. BALLE DE RÉSIDUS, n.f., terme prop.

Définition:
Balle cylindrique, rectangulaire ou carrée, formée de résidus d'exploitation qui sont compactés et attachés à l'aide d'une presse afin d'en faciliter le transport et la manutention.

NOTE:
Il serait possible de déchiqueter des résidus d'exploitation préalablement mis en balles; une augmentation dans l'efficacité de la déchiqueteuse pourrait alors justifier l'opération supplémentaire. On peut également songer à brûler les balles entières ou à les gazéifier.

ILLUSTRATION:
Voir RAMASSEUSE-PRESSE À RÉSIDUS, 42.

42. RAMASSEUSE-PRESSE À RÉSIDUS, n.f., terme prop.

Définition:
Engin forestier mobile qui se déplace sur le parterre de coupe pour ramasser les résidus d'exploitation et les presser en balles qui peuvent être déposées soit sur le sol, soit sur un véhicule de transport.

RESIDUE BALE
abbr. BALE

Definition:
Cylindrical, rectangular or square bale, formed of logging residue which is compacted and bound to facilitate transportation and handling.

Context:
Harvesting forest biomass using large round bales also has the potential for having low energy costs compared with other harvesting and handling schemes, such as chipping (J. Fridley and T.H. Burkhardt, Densifying Forest Biomass into Large Round Bales, 1981, p. 2).

NOTE:
Chipping of baled logging residue is possible and might be considered if there is an attendant increase in chipper efficiency. Burning or gasifying whole bales might also be interesting.

ILLUSTRATION:
See RESIDUE PICK-UP BALER, 42.

RESIDUE PICK-UP BALER
abbr. RESIDUE BALER
PICK-UP BALER
BALER
syn. BIOMASS BALER

Definition:
Mobile machine for gathering logging residue, compacting it into bales, and depositing the bales on the ground or transferring them to a transport vehicle.

Context:
1. Initially, material was fed into the baler with an orientation such that the main stems would lie parallel and would not have to wrap around the bale (J. Fridley and T.H. Burkhardt, Densifying Forest Biomass into Large

2. As a result of these tests, Harris decided to develop a trailer mounted biomass baler capable of pre-compressing a 1400 lb. charge of branches, tree tops, small trees, etc. and then apply enough pressure to compress this material into bale form, subsequently to be tied with polyester strapping material for retention of required densities (W.D. Fast, Biomass Baling Tests, 1982, p. 6).

NOTE:
1. Le terme baler sert à abréger tous les termes qui figurent en entrée anglaise.

2. La mise en balles de matériaux ligneux en forêt peut se faire:

- sur le parterre de coupe même au moyen de ramasseuses-presses de type agricole, soit automotrices, soit tractées; les balles seront alors reprises par une chargeuse frontale qui les déposera en bordure de route où un camion les ramassera éventuellement, ou bien par un porteur autochargeur;

- à la jetée ou en bordure de route au moyen de presses à résidus montées sur une remorque et travaillant à poste fixe.

3. La ramasseuse-presse pourrait éventuellement être alimentée à la main au fur et à mesure de son déplacement sur le terrain.

Voir aussi:
PRESSE À RÉSIDUS, 63.

NOTE:
1. The term baler is used as the abbreviation form for all the terms in the heading entry.

2. Baling of ligneous material can be done in the forest:

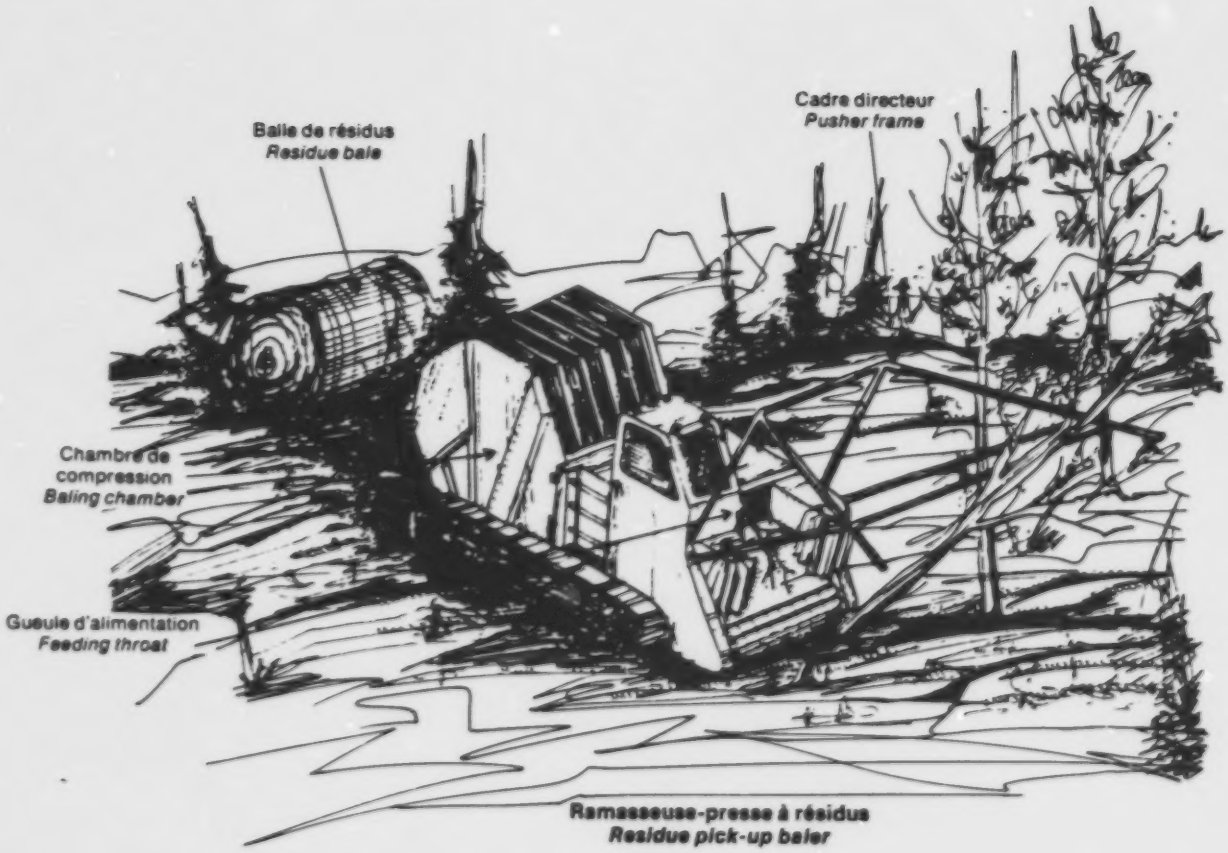
- either at the cutting area with a farm-type baler that is self-propelled or towed; the bales will then be picked up by a front loader and brought to roadside where they eventually will be loaded onto a truck or forwarder;

- or at landing or roadside with a stationary residue baler mounted on a trailer.

3. The pick-up baler could be fed manually while traveling around the cutting area.

See also:
RESIDUE BALER, 63.

ILLUSTRATION:



Ramasseuse-presse à résidus
Residue pick-up baler

43. CHAMBRE DE COMPRESSION, n.f.

Définition:
Partie de la presse à résidus dans laquelle les résidus sont pressés, soit à l'aide d'un piston, soit à l'aide de courroies qui enserrent les résidus.

BALE CHAMBER
syn. BALING CHAMBER
COMPACTION CHAMBER

Definition:
Part of the residue baler where the residue is compacted, either with a ram or belt.

Contexte:
La balle de résidus est évacuée par une porte située à l'arrière de la chambre de compression.

NOTE:
Le terme chambre de compression figure également dans le Dictionnaire technique de la mécanisation agricole (C.N.E.E.M.A., 1970, p. 406).

ILLUSTRATION:
Voir RAMASSEUSE-PRESSE À RÉSIDUS, 42.

Context:
1. The initial charge of material was difficult to feed into the bale chamber and the amount of material necessary for the core was difficult to judge (J. Fridley and T.H. Burkhardt, Densifying Forest Biomass into Large Round Bales, 1981, p. 6).

2. The main ram packs the material into the baling chamber from which it is ejected 90° to one side through an automatic polyester strapper (W.D. Fast, Biomass Baling Tests, 1982, p. 6).

3. The plunger is retracted and the cycle repeated until the compaction chamber is full (P. Schiess and K. Yonaka, Baling-A New Concept in Residue Handling, 1983, p. 15).

NOTE:
The French term chambre de compression appears in the Dictionnaire de la mécanisation agricole (C.N.E.E.M.A., 1970, p. 406).

ILLUSTRATION:
See RESIDUE PICK-UP BALER, 42.

1.2.1.2 À la jetée ou en bordure de route

1.2.1.2 At landing or roadside

44. EXPLOITATION INTÉGRÉE, n.f.

Définition:
Méthode d'exploitation qui consiste à récolter en un seul passage tous les arbres d'un parterre de coupe et à les transporter avec houppiers et branches jusqu'à un parc central de façonnage où ils seront triés selon l'essence, le diamètre et la qualité, de façon à en optimiser l'utilisation.

Contexte:
Après analyse des premiers résultats obtenus, l'entreprise a opté pour l'exploitation intégrée dans l'ensemble de son territoire.

NOTE:
Généralement, sauf si on procède à l'exploitation intégrale de l'arbre avec un extracteur d'arbres, les souches restent sur le parterre de coupe et peuvent être éventuellement ramassées lors d'un second passage.

INTEGRATED HARVESTING

Definition:
Logging method in which all trees on a cutting area are harvested in one pass, with their tops and branches, and brought to a central processing yard where they are sorted according to species, diameter and quality, so as to optimize forest utilization.

Context:
Two attempts at integrated harvesting were curtailed because of severely waterlogged soils. [...] The concept was to cut all trees, skid full-trees to roadside, and separate into sawlogs, pulpwood and fuelwood (ENFOR, Biomass Harvesting Review, 1982, p. 17).

NOTE:
Except in the case where total harvesting is practiced with a tree extractor, stumps usually remain on the cutting area to possibly be picked up in a second pass.

45. CENTRE INTÉGRÉ DE FAÇONNAGE, n.m., terme prop.

Définition:
Parc de façonnage, qui comporte un système d'ébranchage, d'écimage et de tronçonnage des arbres entiers, un système de transformation des arbres non marchands et des résidus en copeaux, ainsi qu'un système de manutention et de triage mécanisé.

WOOD PROCESSING CENTER
syn. WOOD PROCESSING TERMINAL
INTEGRATED PROCESSING COMPLEX
CENTRAL PROCESSING PLANT
INTEGRATED PROCESSING YARD

Definition:
Processing yard, which integrates systems for limbing, topping and slashing trees, chipping residue and non merchantable trees, and automated handling and sorting.

Context:
1. The study was carried out in the following phases: - [...] - Review of the present situation regarding equipment and components for wood processing terminals. - [...]
(G. Lönner, Processing Terminals for Industry and Energy Wood Raw Material, p. 1).

2. This may involve the hauling of trees in full lengths or in sections to central processing plants and the distribution of the various products to different categories of user (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 8).

NOTE:
Foresters generally agree that recovery of logging residue, for energy conversion, would be more efficient and economical if integrated with the harvesting of conventional products. Landings or yards where processing operations take place (limbing, slashing or sometimes chipping) will undoubtedly become more complex and automated. Full trees (merchantable and non-merchantable) harvested in several cutting areas, will be gathered in the same yard, thus optimizing utilization: sawlogs or veneer peeling, pulpwood, pulp chips, energy chips or residue bales. The equipment required for the organization of such yards is already available, but presently consists of individual machines grouped in the same location. The trend is towards the integration of various machines, so that in the near future, small outdoor transformation plants may eventually produce sawn timber and could be designated as full tree integrated processing centers.

NOTE:
Dans les milieux forestiers, on s'accorde généralement à penser que la récupération des résidus d'exploitation en vue de la conversion en énergie serait plus efficace et plus économique si elle était intégrée à la récolte des produits traditionnels. Les parcs où l'on procède à certaines opérations de façonnage (ébranchage, tronçonnage ou parfois déchiquetage) auront sans doute tendance à devenir de plus en plus complexes et de plus en plus automatisés. On y retrouvera les arbres entiers (marchands et non marchands) provenant de plusieurs coupes, arbres dont il sera alors facile de faire la meilleure utilisation possible, billes de sciage ou de déroulage, bois à pâte, copeaux de papeterie, copeaux énergétiques, balles de résidus. L'équipement nécessaire à l'installation de pareils centres existe déjà dans bien des cas, mais il s'agit le plus souvent de machines variées qui peuvent être rassemblées en un même endroit. L'effort porte actuellement sur des essais d'intégration de diverses machines, essais qui déboucheront, dans un avenir peut-être assez rapproché, sur l'installation de véritables usines de transformation à ciel ouvert, d'où éventuellement pourraient sortir même les sciages, et qui pourraient alors être désignées par le terme centre intégré de transformation des arbres entiers.

C'est la Suède qui semble donner le pas dans la mise au point de ces centres de façonnage. Plusieurs projets ont vu le jour, la combinaison de machines variant d'un centre à l'autre suivant la nature des arbres récoltés et des produits visés.

Sweden seems to be paving the way in the development of these processing centers. Several projects have been instigated; machine combinations differ from one center to the other, according to the nature of harvested trees and desired products.

46. DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, n.f.
abrév. DÉCHIQUETEUSE, n.f.
syn. COUPEUSE, n.f.

Définition:
Engin forestier motorisé qui réduit en copeaux les arbres entiers (tronc et branches) et les déchets de coupe, généralement en bordure de route ou à une jetée.

Contexte:
1. La déchiqueteuse d'arbres entiers a produit jusqu'à 250 tonnes de copeaux humides de bois francs par jour.

2. Les pauses et attentes se situent en général à proximité de la déchiqueteuse, le plus souvent au moment du changement des couteaux (Annales de mécanisation forestière 1977, 1978, p. 28).

3. La coupeuse, qui avale 3, 4 perches en moyenne à chaque cycle de grue, semble travailler au-dessus de sa capacité réelle (Annales de mécanisation forestière 1977, 1978, p. 37).

NOTE:
1. Si tout le monde s'entend pour dire que l'opération de mise en copeaux doit être désignée par le terme déchiquetage, les avis sont partagés à savoir comment on doit nommer la machine qui effectue l'opération. Nous relevons en effet, dans la documentation consultée, les appellations suivantes: déchiqueteuse, coupeuse, découpeuse, coupeuse-déchiqueteuse, fragmenteuse. Certains mettent même en parallèle les termes coupeuse et

WHOLE TREE CHIPPER
abbr. CHIPPER
syn. TREE HARVESTER
CHIP HARVESTER

Definition:
Motorized logging machine that reduces full trees (stem and branches) and logging residue into pulp or energy chips, usually at roadside or at a landing.

Context:
The Model 550 [...] is equipped with a slide boom loader which has proven to be the most efficient way of feeding a whole tree chipper (Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, p. 19).

NOTE:
1. Most foresters agree on the French term déchiquetage for the English word chipping; however they do not agree on the term to be used for the machine. The following terms are used in documentation: déchiqueteuse, coupeuse, découpeuse, coupeuse-déchiqueteuse, fragmenteuse. In some cases, we notice a parallel between coupeuse and déchiqueteuse. The first term is used for a machine equipped with discs and knives, and the second for a drum

déchiqueteuse, le premier désignant une machine munie de disques porte-couteaux et le second une machine à tambour ou un broyeur. Malheureusement, le terme coupeuse (favorisé dans la documentation française), est très général et ne saurait être employé sans être explicité puisqu'il s'applique déjà à d'autres machines en usine. Aussi faudrait-il dire: coupeuse à copeaux. Découpeuse a plutôt le sens de couper selon un profil donné, ce qui n'est pas le cas ici. Quant à fragmenteuse, d'après le système de classification proposé en introduction, il désigne une machine servant à couper les troncs d'arbres ou les souches en copeaux grossiers ou fragments. Nous suggérons donc de conserver le terme déchiqueteuse déjà largement adopté par l'usage, pour désigner la machine qui effectue le déchiquetage.

machine or a hog. However, the term coupeuse (preferred in French documentation), is very general and already in use for other machines at the mill. It should be termed as coupeuse à copeaux. Découpeuse means to cut according to a definite profile or axis, which is not the case here. As proposed in the introduction, fragmenteuse has been used to designate a machine which reduces stems or stumps into chunks. Therefore it is suggested that the term déchiqueteuse be retained as it is already widely accepted.

2. Il existe en usine un bon nombre de machines qui produisent des copeaux, le plus souvent à partir de billes, de tronçons de bois ou de résidus du sciage.

2. Mills may contain several machines producing chips, most often from logs, wood pieces or sawmill residue.

La déchiqueteuse dont il est question ici est construite selon le même principe, mais comme elle travaille en forêt, elle est généralement mobile, c'est-à-dire que, selon sa taille et sa capacité, elle est soit montée sur la remorque d'un porteur forestier ou d'un véhicule routier (remorquée), soit montée sur un essieu à deux roues destiné à être tiré par un tracteur ou un bouteur (tractée), soit montée sur le relevage trois points d'un tracteur agricole (portée).

The chipper, described here, is built according to the same principle, but used in the forest and is usually portable or mobile, i.e. depending on its dimensions or capacity, it may be mounted on a forwarder or truck trailer, on a single-axis trailer towed by a tractor or bulldozer, or on the three-point hitch of a farm tractor.

Alors que le déchiqueteur utilisé en usine peut être à alimentation horizontale ou verticale (pour les déchets de scierie), la déchiqueteuse d'arbres entiers qui reçoit des troncs et des branches est presque nécessairement à alimentation horizontale. Cette alimentation peut se faire manuellement, s'il s'agit d'une petite déchiqueteuse avec goulotte courte, ou bien à l'aide d'une grue de manutention pour les

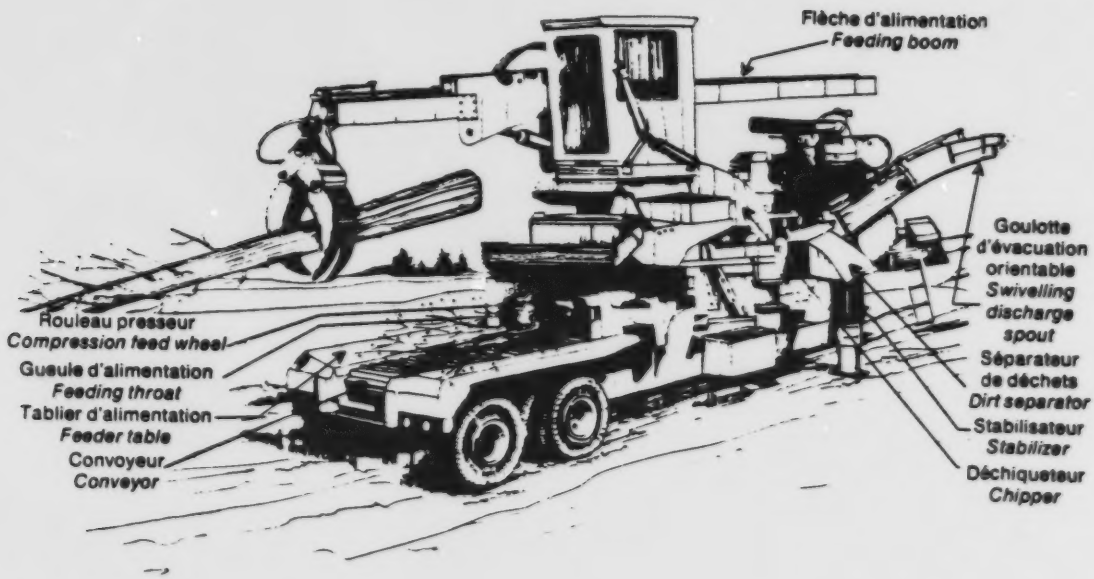
While the chipper used in a mill can be fed horizontally or vertically (for sawmill residue), the whole tree chipper, which is fed with trees and branches, is necessarily fed horizontally. Feeding can be done manually for a small size chipper with a short feeding spout, or with a loader for larger chippers. In the latter case, the chipper would also be equipped with a feeder table or conveyor system.

plus grosses déchiqueteuses. Dans ce dernier cas, la machine sera équipée d'un système plus ou moins complexe de convoyeurs ou de tapis d'alimentation.

Voir aussi:
DÉCHIQUETEUR, 116.

See also:
CHIPPER UNIT, 116.

ILLUSTRATION:



47. TABLIER D'ALIMENTATION, n.m.

Définition:
Plateforme dans laquelle est installé un convoyeur d'alimentation à chaînes et qui est profilée ou munie de parois latérales pour guider l'arbre ou les branches dans la gueule d'alimentation de la déchiqueteuse ou de la broyeuse.

Contexte:
À l'aide du grappin, le conducteur dépose les arbres sur le tablier d'alimentation, les gros bouts en premier.

CHAIN TYPE FEEDER TABLE

Definition:
Streamlined platform supporting a chain conveyor, and equipped with collecting sides to guide trees and branches into the chipper throat.

Context:
The feeder has an extra extended chain-type feeder table to increase the feed capacity for pulpwood, logging waste and tree parts (Bruks Mekaniska AB, Bruks Chip Harvester Type 1000 CT).

ILLUSTRATION:
Voir DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46.

ILLUSTRATION:
See WHOLE TREE CHIPPER, 46.

8. SYSTÈME D'ALIMENTATION FORCÉE, n.m.

Définition:
Système d'alimentation de la déchiqueteuse, composé d'un tablier et de rouleaux presseurs à axe de rotation vertical ou horizontal, lesquels font avancer l'arbre dans le déchiqueteur à une vitesse constante.

Contexte:
Un système d'alimentation forcée permet, en pressant les branches contre le tronc, de régulariser la vitesse de la machine.

COMPRESSION FEED ROLL SYSTEM
abbr. COMPRESSION FEED SYSTEM

Definition:
Chipper feeding system consisting of a feeder table and horizontal or vertical forced feed wheels, that guide the trees into the chipper, at a constant speed.

Context:
1. The hydraulic capacity and torque of the compression feed roll system on the new RXL unit has been more than doubled over previous models (Pulp and Paper, Vol. 79, No. 6, June 1978, p. 93).

2. The patented Morbark compression feed system crushes and compresses the limbs to the tree stem (Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, p. 3).

49. ROULEAU PRESSEUR, n.m.

Définition:
Tambour motorisé à axe de rotation fixe ou mobile, muni de dents, qui agrippe l'arbre et qui le fait avancer à vitesse constante dans l'orifice de la déchiqueteuse tout en pressant les branches contre le tronc.

Contexte:
Les éléments de ces systèmes sont: - une déchiqueteuse à disque munie de 3 ou 4 couteaux; - un tube articulé d'évacuation des copeaux; - un convoyeur à chaîne et trois rouleaux presseurs assurant le maintien des bois lors du découpage; - une grue de chargement (G. Gagné et coll., Méthodes et matériel d'exploitation forestière I, 1976, p. 94).

COMPRESSION FEED WHEEL
abbr. COMPRESSION WHEEL
syn. FORCE FEED WHEEL

Definition:
Motorized drum with a fixed or mobile rotation axis, equipped with teeth, that can grab the tree and guide it into the chipper at a constant speed while compacting the branches against the stem.

Context:
1. A slide boom loader slides out, grabbing one or several trees and feeds them to the compression feed wheels and on into the chipper (Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, p. 3).

2. The Model 550 Total Chiparvestor utilizes four synchronized force feed wheels; the right side feed wheel is aligned with the chipper anvil (Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, p. 15).

ILLUSTRATION:
Voir DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46.

ILLUSTRATION:
See WHOLE TREE CHIPPER, 46.

50. GUEULE D'ALIMENTATION, n.f.

FEEDING THROAT
syn. FEEDER OPENING

Définition:
Ouverture d'alimentation rectangulaire ou carrée, servant à charger par le dessus ou sur le côté une machine de fragmentation, de déchiquetage ou de broyage de la biomasse forestière.

Definition:
Rectangular or square opening, usually placed above or on the side of a chunking, chipping or hogging machine, to allow feeding of forest biomass.

Contexte:
Placée sur le côté de la déchiqueteuse, la gueule d'alimentation est facilement accessible à l'ouvrier forestier.

Context:
Notice that the tops of the trees are in a direct line with the chipper and the butts are not brought beyond the chipper opening (Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, p. 5).

ILLUSTRATION:
Voir DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46.

ILLUSTRATION:
See WHOLE TREE CHIPPER, 46.

51. VOLET MOBILE, n.m.

MOVABLE COLLECTING SIDE

Définition:
Panneau situé de chaque côté du convoyeur d'alimentation des résidus et qui pivote pour presser les résidus et faciliter leur déplacement vers le mécanisme de broyage ou de déchiquetage.

Definition:
Lateral plate located on each side of the feeding conveyor, which pivots to compact residue and facilitate its forward movement toward the chipping or hogging mechanism.

Contexte:
Pour la mise en plaquettes de branches, la déchiqueteuse Bruks 1200 CT, équipée de volets mobiles, est actuellement, à notre connaissance, une des machines les mieux adaptées techniquement (Annales de mécanisation forestière 1981, 1982, p. 137).

Context:
The raw material is fed by means of a hydraulic knuckle crane into the collecting conveyor with hydraulically-guided movable collecting sides (Bruks Mekaniska AB, Whole-Tree Chipping Unit 1200 CT and 800 CT).

52. SÉPARATEUR DE DÉCHETS, n.m.

Définition:
Mécanisme monté près du disque de déchiquetage et servant à éliminer en bonne partie le sable, les saletés, les brindilles, le feuillage ainsi que les copeaux ne répondant pas aux normes désirées.

Contexte:
Des essais à l'usine montrent que le séparateur de déchets enlève environ 85% des saletés, 50% de l'écorce et 50% des brindilles et du feuillage.

NOTE:
Le terme éliminateur de déchets, parfois rencontré dans la documentation, n'a pas été retenu parce que le mécanisme n'enlève pas tous les déchets; il n'y a donc pas d'élimination véritable.

ILLUSTRATION:
Voir DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46.

DIRT SEPARATOR
syn. GRIT REMOVAL SYSTEM

Definition:
Separating mechanism mounted close to the chipping disk and used to eliminate most of the sand, dirt, twigs, leaves and chips of undesirable size.

Context:
1. The most significant development for whole tree operations within the last two years has been the dirt separator (Pulp and Paper, Vol. 79, No. 6, June 1978, p. 93).

2. View showing grit removal system (Optional) (Precision Chipper Corporation, Tree Harvester).

NOTE:
The term éliminateur de déchets, is used occasionally but has not been retained because the mechanism does not eliminate all the debris.

ILLUSTRATION:
See WHOLE TREE CHIPPER, 46.

53. GOULOTTE D'ÉVACUATION, n.f.

Définition:
Tuyau à section rectangulaire ou circulaire servant à l'évacuation des copeaux ou des déchets produits par la déchiqueteuse ou la broyeuse.

Contexte:
[...] une vis hélicoïdale attire les bois, les déchiquette et expulse les plaquettes obtenues d'une longueur de 7 à 8 cm de long et de 3 à 4 cm d'épaisseur par la goulotte d'évacuation orientable (Mécanisation forestière, forestage d'aujourd'hui, première transformation, mars 1981, p. 19).

DISCHARGE SPOUT
syn. DISCHARGE TUBE
DISCHARGE PIPE
CHIP SPOUT

Definition:
Curved tube of rectangular or circular section, used to eject chips or debris produced by the chipper or hogger.

Context:
1. The operator can quickly rotate the discharge spout to separate the chips from the tops of the tree material, so as to direct them into the adjacent van for fuel fiber (Pulp and Paper, Vol. 79, No. 6, June 1978, p. 43).

2. The chips are blown out of a pivoting chip discharge tube with a hydraulically controlled baffle which steers the chip stream (Bruks Mekaniska AB, Chips. Catalogue Showing Equipment and Machines for Chip Production, p. 13).

NOTE:
Les déchiqueteuses d'arbres entiers sont souvent munies de deux goulottes, l'une pour les copeaux, l'autre pour les déchets. La première est presque toujours orientable, surtout s'il s'agit d'une grosse déchiqueteuse. Avec les déchiqueteuses plus petites, elle est parfois fixe, mais elle se termine alors par un déflecteur à copeaux qui, lui, est orientable.

NOTE:
Whole-tree chippers are often equipped with two discharge spouts, one for chips and the other for debris. The first one is most often rotatable, especially with large chippers. With smaller chippers, the spout is sometimes fixed, but the guide-flap mounted at its extremity can be oriented.

ILLUSTRATION:
Voir DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46.

ILLUSTRATION:
See WHOLE TREE CHIPPER, 46.

54. DÉFLECTEUR À COPEAUX, n.m.

GUIDE-FLAP
syn. CHIP DEFLECTOR CHUTE CAP
BAFFLE

Définition:
Volet orientable placé à l'extrémité de la goulotte d'évacuation des copeaux et servant à leur imprimer une direction de chute.

Definition:
Adjustable flap, placed at the end of a discharge spout to direct the fall of chips.

Contexte:
L'installation du déflecteur à copeaux a facilité le chargement régulier des remorques.

Context:
1. The chips are blown out through a rotatable chips pipe which has a hydraulically operated guide-flap on its end (Bruks Mekaniska AB, Whole-Tree Chipping Unit 1200 CT and 800 CT).

2. The chip deflector chute cap is adjustable through an arc for directing the output flow (Junkkari OY, Junkkari Chipper).

3. The chips are blown out of a pivoting discharge tube with a hydraulically controlled baffle which steers the chip stream (Bruks Mekaniska AB, Chips. Catalogue Showing Equipment and Machines for Chip Production, p. 13).

ILLUSTRATION:

Petite déchiqueteuse à alimentation manuelle
Small manually fed chipper

55. CRIBLE À COPEAUX, n.m.

Définition:
Machine munie de tamis rotatifs ou oscillants et servant à classer les copeaux selon leurs dimensions ou à séparer des copeaux les matières indésirables.

Contexte:
Ces cribles à copeaux, fabriqués au Canada, existent en un choix de modèles et de dimensions susceptibles de répondre aux différents besoins des utilisateurs.

CHIP SCREEN
abbr. SCREEN

Definition:
Machine equipped with rotating or oscillating sieves, used to classify chips according to their size, or to separate unwanted matter.

Context:
1. [This] chip screen [is] designed with the emphasis on efficient screening together with simplicity of installation and maintenance (Bruks Mekaniska AB, Chips. Catalogue Showing Equipment and Machines for Chip Production, p. 9).

56. BROYEUSE DE RÉSIDUS, n.m., terme prop.

Définition:
Machine utilisée pour réduire les résidus d'exploitation en copeaux énergétiques.

NOTE:
Il s'agit ici d'un terme général qui s'applique à des machines comportant différents types de broyeurs: broyeurs à tambour (Nicholson Wood Fuel Processor), broyeurs à rouleaux (Morgardshammar Shredder Type SK), broyeurs à marteaux (Solid Waste Demolisher), broyeurs à fléaux (Stirrup Hog). Ces broyeurs seront généralement montés sur une remorque et installés à une jetée où ils travailleront à poste fixe, ou encore ils seront équipés d'une flèche d'alimentation et montés sur un camion ou un porteur pour ramasser les résidus abandonnés en bord de route ou même sur le parterre de coupe.

Voir aussi:
BROYEUR, 119.

2. The pulpwood grade trees, as illustrated above, are chipped and fed directly to the screen (Morbark Industries Inc., The Satellite Sauchip System, 1979, p. 10).

SHREDDER
syn. HOG
HOG MILL
HOGGER
WOOD PROCESSOR

Definition:
Machine used to reduce logging residue into fuel chips.

Context:
1. [...] - the shredder is practically jam-proof, and is totally protected from breakdown from foreign objects such as scrap metal, rocks, etc. (Morgardshammar AB, Morgardshammar Shredder Type SK for Energy Production, 1981).

2. The Wood Processor has effectively attained the goals set at the beginning of the project (L.F. Antezana, The California Orchards Residuals Disposal Experience, p. 5).

NOTE:
Shredder is a general term that applies to machines equipped with various types of hoggers: knife hogs (Nicholson Wood Fuel Processor), roll hogs (Morgardshammar Shredder Type SK), hammer hogs (Solid Waste Demolisher), flail hogs (Stirrup Hog). These hoggers are usually mounted on a trailer and parked at a landing where they operate as stationary units; or they may be equipped with a feeding boom and mounted on a truck or forwarder, to pick-up residue left at roadside or on the cutting area.

See also:
HOG MACHINE, 119.

7. FRAGMENTEUSE-BROYEUSE DE RÉSIDUS, n.f., terme prop.

Définition:
Engin forestier mobile ou stationnaire qui comporte un double système de transformation des résidus d'exploitation, le premier produisant des fragments, et le second réduisant ces fragments en copeaux énergétiques.

NOTE:
1. Les termes anglais logging residue processor et biomass processor sont des termes généraux qui pourraient s'appliquer à différents types de fragmenteuses ou de broyeuses de résidus.

2. La fragmenteuse-broyeuse de résidus a d'abord été conçue comme une machine mobile se déplaçant sur les routes pour suivre les ébrancheuses à flèche et réduire en copeaux les résidus d'ébranchage qu'elles laissent en bordure de route; elle est donc munie d'une longue flèche d'alimentation coulissante et peut parfois traîner derrière elle une remorque portant un conteneur à copeaux. Elle pourrait aussi être montée de façon à se déplacer sur le parterre de coupe même, pour y ramasser avec sa flèche les résidus abandonnés. Enfin elle pourrait être stationnaire, c'est-à-dire montée de façon permanente à une jetée et alimentée par un convoyeur ou une grue.

Voir aussi:
FRAGMENTEUR, 112;
BROYEUR, 119.

LOGGING RESIDUE PROCESSOR
syn. BIOMASS PROCESSOR

Definition:
Mobile or stationary logging machine equipped with a two-stage reduction mechanism for logging residue, the first stage producing chunks that are fed into the second unit to yield fuel chips.

Context:
1. The logging residue processor incorporates a two-stage reduction process which is a combination of the RECUFOR Rotor and a conventional hammer mill (D. Brière, Recent Developments in the Recovery of Logging Residue for Energy, 1983).

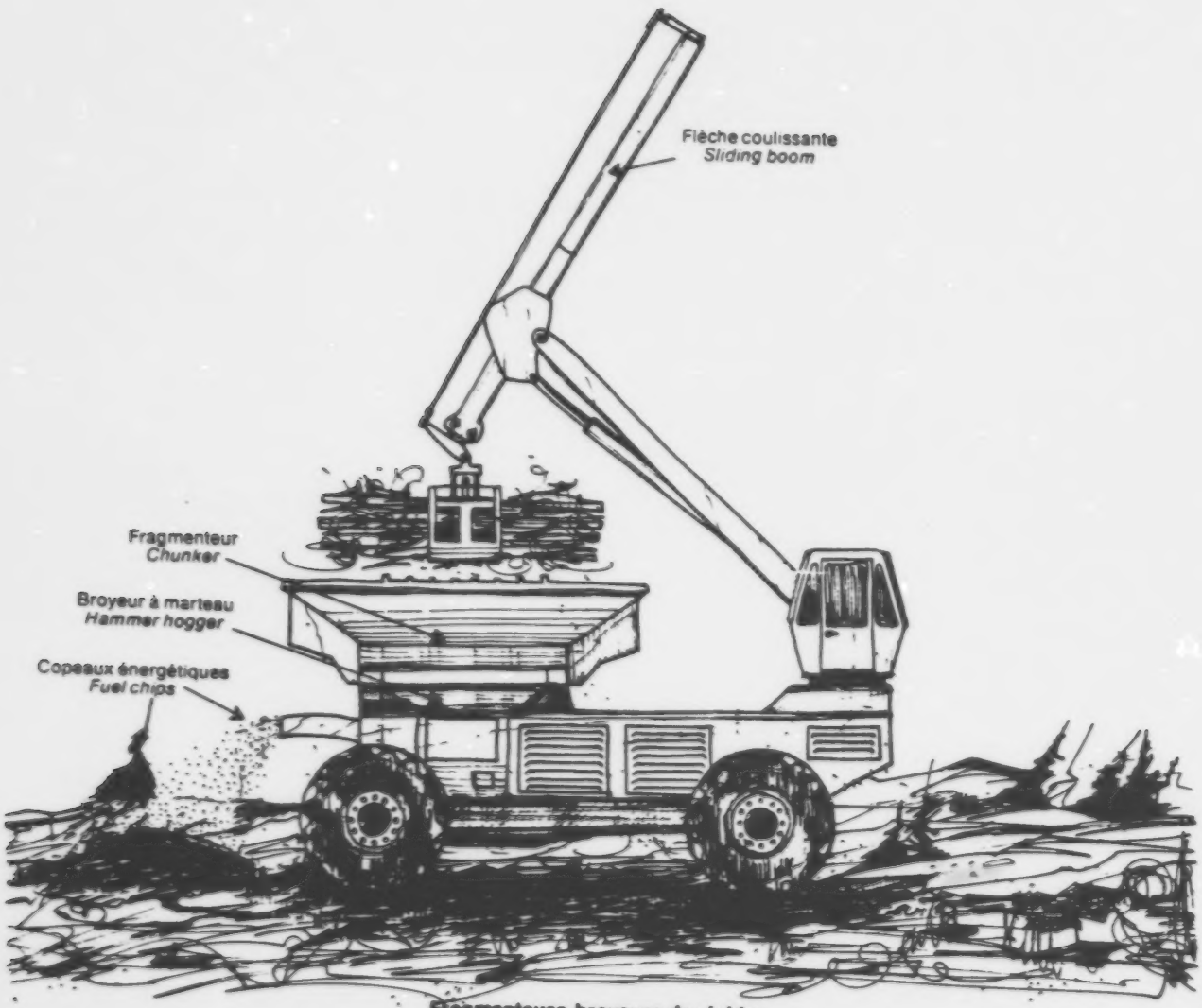
2. FERIC's investigations in this area resulted in the design of a biomass processor to work with roadside delimbers (FERIC, Annual Report 1982, 1983, p. 8).

NOTE:
1. The English terms logging residue processor and biomass processor are general terms that could apply to different types of chunking or hogging machines.

2. The logging residue processor described here was developed primarily as a mobile machine traveling behind a single-stem delimber to produce chips with the limbing residue left at roadside; it is equipped with a long feeding sliding boom and can pull a trailer with a chip container. It could also be mounted to travel on the cutting area itself to pick-up residue left on site. Or else it could be stationary, i.e. permanently mounted at a landing and fed with a conveyor or a crane.

See also:
CHUNKWOOD PROCESSOR, 112;
HOG MACHINE, 119.

ILLUSTRATION:



Fragmenteuse-broyeuse de résidus
Logging residue processor

58. DÉCHIQUETEUSE-PORTEUSE, n.f.,
terme prop.
syn. BROYEUSE-PORTEUSE, n.f.,
terme prop.
FRAGMENTEUSE-PORTEUSE, n.f.,
terme prop.

Définition:
Engin forestier automoteur, à flèche d'alimentation, muni d'une benne basculante ou élévatrice, qui réduit les résidus ramassés en fragments ou en copeaux et les transporte jusqu'à un centre de stockage ou à un autre véhicule de transport.

NOTE:
1. Les termes qui figurent en entrées (française et anglaise) ne sont pas de véritables synonymes. En fait, on devra privilégier l'un ou l'autre selon l'outil de coupe et la nature du produit obtenu (voir classification suggérée en introduction).

2. Comme on le voit aux contextes 2 et 3, il pourrait arriver que tous ces mécanismes de déchiquetage ou de broyage soit montés sur des camions.

MOBILE CHIPPER FORWARDER
abbr. CHIPPER FORWARDER
syn. CHIP HARVESTER TYPE FORWARDER
abbr. CHIP HARVESTER
FORWARDER-MOUNTED CHIPPER
FORWARDER-MOUNTED HOGGER
FORWARDER-MOUNTED HAMMER MILL
FORWARDER-MOUNTED SHREDDER
FORWARDER-MOUNTED CHUNKER

Definition:
Self-propelled logging machine, equipped with a feeding boom and a high-tilting or dumping bin, that reduces collected residue into chunks or chips and carries them to a stocking area or another vehicle.

Context:
1. Both portable chippers and the mobile chipper forwarders rely on other machines in the systems for felling and presenting trees as a group or bunch for chipping (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 182).

2. The slash is fractioned by forwarder-mounted chippers on the cutover or by forwarder-and-truck-mounted chippers, hammer mills, etc. at the roadside landing (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 2).

3. Figure 2. Alternatively, fractioning at the roadside landing: a) a Bruks truckmounted chipper; b) a Morgårdshammar forwarder-mounted shredder (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 2).

NOTE:
1. The terms shown in the entry headings (French or English) are not necessarily synonyms. One might be preferred over the other depending on the cutting tool or on the nature of the final product (see classification suggested in the introduction).

2. As it may be seen in contexts 2 and 3, the fractioning mechanisms can also be mounted on trucks.

3. La déchiqueteuse-porteuse est une machine auto-chargeuse conçue principalement pour travailler le long des routes de vidange ou à la jetée, là où les ébrancheuses auront abandonné en tas les branches et les houppiers d'arbres entiers. Mais elle peut aussi circuler sur le parterre de coupe et reprendre avec sa flèche les déchets qui ont été abandonnés en tas sur le sol.

3. The mobile chipper forwarder is a self-loading machine mainly designed to work at roadside or landings, where whole tree branches and tops will have been abandoned by delimbers. However, it can also travel on the cutting area to pick-up, with its boom, residue left in piles on the ground.

59. ÉCORCEUSE-DÉCHIQUETEUSE, n.f.

Définition:
Engin multifonctionnel qui écorce l'arbre et le transforme en copeaux de papeterie.

Contexte:
L'emploi d'une écorceuse-déchiqueteuse permettrait d'augmenter le pourcentage de copeaux d'arbres entiers qui entrent dans la fabrication de la pâte.

DEBARKER-CHIPPER
syn. BARKING AND CHIPPING PLANT

Definition:
Multifunctional machine which barks trees and reduces them to pulp chips.

Context:
The Nicholson Utilizer is a complete portable barking and chipping plant, operated by one man (Nicholson Manufacturing Co., Logger Utilizer, 1976).

60. ÉCORCEUSE À TAMBOUR, n.f.

Définition:
Écorceuse utilisant un tambour rotatif dont la paroi interne est munie de crampons ou de picots d'acier trempé qui arrachent l'écorce des billes ou des résidus par abrasion.

Contexte:
On tenta une expérience de nettoyage des souches en les passant dans une écorceuse à tambour.

DRUM DEBARKER

Definition:
Barking machine with a rotating drum having steel spikes on its inside wall to bark logs or residue.

Context:
1. The wood goes through a drum debarker and disk chippers on the way to the pulp mill (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 28).

2. Several thousand slash and longleaf pines with taproots attached were processed through a drum debarker, chipped, and converted into kraft paper without unusual problems immediately detectable (Forest Products Journal, Vol, 25, No. 4, April 1975, p. 24).

61. ÉBRANCHEUSE À TAMBOUR, n.f.

Définition:
Ébrancheuse utilisant un tambour rotatif pour ébrancher les portions d'arbres entiers dans un centre intégré de façonnage.

Contexte:
Les arbres non ébranchés sont transférés directement du camion dans l'ébrancheuse à tambour.

DRUM DELIMBER

Definition:
Delimbing machine with a rotating drum to delimb tree sections in a wood processing center.

Context:
For central bunch limbing at terminals further away from the mill smaller drum delimbers may be used (Results, No. 3, 1982).

62. ÉBRANCHEUSE À VIS, n.f.

Définition:
Ébrancheuse utilisant deux vis sans fin parallèles qui tournent dans le même sens, mais à des vitesses différentes, ainsi que des rouleaux à pointes pour enlever les branches par abrasion.

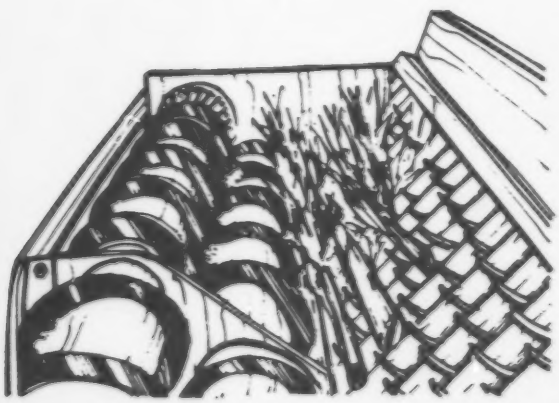
Contexte:
Une ébrancheuse à vis, de fabrication suédoise, était montée sur une remorque et se déplaçait le long des piles de bois.

SCREW TYPE DELIMBER
syn. BUNCH DELIMBER

Definition:
Delimbing machine with two parallel screws turning in the same direction, but at various speeds, and spiked rollers to remove branches by abrasion.

Context:
Another bunch delimber for smaller terminals is being developed. The tree-section bunch is here being tumbled around by a jack ladder and the limbs worn off by rotating rollers and screws (Results, No. 3, 1982).

ILLUSTRATION:



Ébrancheuse à vis
Screw-type delimber

63. PRESSE À RÉSIDUS, n.f., terme prop.

Définition:
Machine servant à la mise en balles des résidus d'exploitation récoltés sur le parterre de coupe.

NOTE:
1. Le terme anglais baler est utilisé comme abréviation des termes residue baler et biomass baler.

2. Cette machine peut être une composante de la ramasseuse-presse à résidus, ou encore elle peut être une machine stationnaire en bordure de route ou à une jetée, reprenant alors les houppiers et branches laissés par une ébrancheuse.

RESIDUE BALER
syn. BIOMASS BALER
abbr. BALER
RESIDUE BALING SYSTEM
abbr. BALING SYSTEM

Definition:
Machine used to compact into bales logging residue harvested on the cutting area.

Context:
1. Once this concept is developed, there does not appear to be any reason why a baler could not be integrated into a harvesting system for small trees and residues (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 180).

2. The advantages projected for the baling syscem are lower initial investment cost [...] and ease of transportation of the densely compacted woody materials (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 180).

NOTE:
1. The English term baler is the abbreviated form for residue baler and biomass baler.

2. This machine can be a component of the pick-up residue baler, or it can work as a stationary machine at roadside or landing, compacting tops and branches left by a limbing machine.

1.2.2 Dans les coupes d'éclaircie

1.2.2 In thinning operations

4. EXPLOITATION PAR PORTIONS D'ARBRES ENTIERS, n.f.

Définition:
Méthode d'exploitation qui consiste, surtout dans les opérations d'éclaircie, à couper les arbres abattus en deux ou trois parties, de façon à les transporter sans les ébrancher.

Contexte:
La popularité grandissante, en Suède, de l'exploitation par portions d'arbres entiers a favorisé le développement de plusieurs modèles de grappins-scies.

NOTE:
La faible densité des portions d'arbres entiers (c'est-à-dire non ébranchés) et leur fort encombrement sont cause de difficultés au moment du transport. Aussi semble-t-il nécessaire de compacter le bois, soit avant le chargement en portions d'arbres entiers et en les attachant en paquets, soit au moment du chargement en se servant de remorques équipées de dispositifs de compactage.

TREE-SECTION LOGGING
syn. TREE-PORTION LOGGING

Definition:
Logging method which consists, particularly in thinning operations, of cutting felled trees in two or three sections, so as to transport them with their branches on.

Context:
1. In a long-term perspective we may therefore anticipate an increasing interest in, and perhaps also future application of, full-tree and/or tree-section logging (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 6).

2. The popularity of tree-portion logging has resulted in an increased demand for grapple saws (Results, No. 4, 1982).

NOTE:
The low bulk density of whole tree portions (with branches on) makes hauling difficult. The trees should be compacted, either before loading, by pressing whole tree portions and binding them in bundles, or at time of loading, using trailers equipped with compacting devices.

5. GRAPPIN-SCIE, n.m.
syn. GRAPPIN-TRONÇONNEUR, n.m.
var. GRAPPIN TRONÇONNEUR, n.m.

Définition:
Grappin monté en bout de flèche d'un porteur et muni d'une petite scie à chaîne, qui tronçonne les arbres en deux ou trois parties pour en faciliter le débardage.

GRAPPLE SAW
var. GRAPPLE-SAW

Definition:
Grapple mounted on a forwarder boom, equipped with a small chain saw to slash trees into two or three sections to facilitate hauling.

Contexte:
1. Lors du choix d'un grappin-scie, il est important de savoir si l'équipement hydraulique du porteur sera suffisant pour l'alimenter (débit et pression), ou s'il faut prévoir une pompe supplémentaire [...] (Informations-Forêt, n° 4, 1982, fascicule 212, p. 404).

2. Également en annexe sont présentés quelques grappins-tronçonneurs - équipements assez peu répandus -, qui méritent d'être connus (Informations-Forêt, n° 4, 1982, fascicule 212, p. 383).

3. Photo 47. Grappin tronçonneur (J. Ragot, Série II. Exploitation forestière et scierie: matériels et techniques de débardage à l'aide de véhicules à roues, 1976, p. 50).

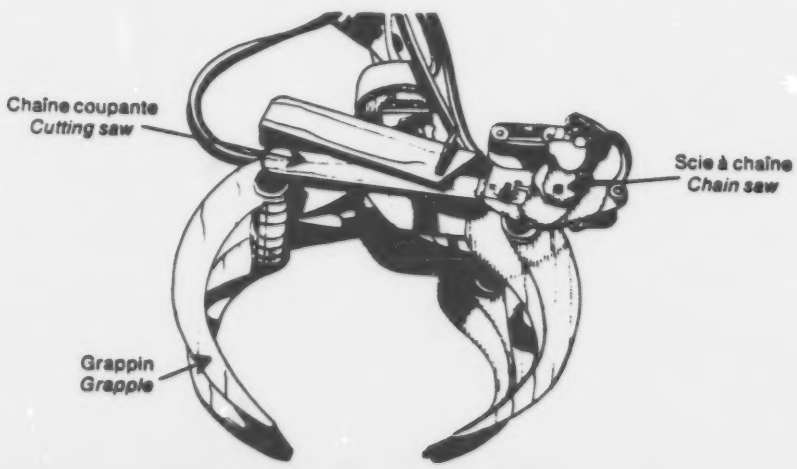
NOTE:
Il s'agit ici d'une véritable petite scie à chaîne, comportant les mêmes éléments qu'une scie mécanique ordinaire: chaîne coupante, guide-chaîne, moteur. Le vérin d'avance de la chaîne et le moteur sont actionnés hydrauliquement. Le travail du grappin-tronçonneur sera facilité par l'installation d'un rotateur ayant un angle de rotation illimité, ou un angle d'au moins 400°.

ILLUSTRATION:

Context:
1. Certain grapple saws require up to four additional hydraulic lines along the boom (Results, No. 4, 1982).

2. Bucking of the tree bunches may then be done in conjunction with loading by a saw mounted in the loader grapple - a grapple saw (Results, No. 3, 1982).

NOTE:
The saw mounted on a grapple has the usual components: chain, guide-bar, motor. The sawfeed cylinder and the motor are hydraulically driven. For more dexterity, the grapple saw will be attached to a rotator with an unlimited slewing angle or at least an angle of 400°.



66. COMPACTEUR DE RÉSIDUS, n.m.

Définition:
Dispositif de compactage qui augmente la densité des portions d'arbres entiers et des résidus d'exploitation pour accroître la charge utile des véhicules de débardage ou de transport.

Contexte:
Au cours des dernières années, les Suédois ont travaillé à la mise au point de deux types de compacteurs de résidus, qui n'ont pas encore été essayés ici.

COMPACTION DEVICE

Definition:
Compacting device used for whole tree sections and logging residue to increase the truck or trailer payload.

Context:
At the present time one type of compaction device is in operation (Results, No. 3, 1982).

7. MONTANT TÉLESCOPIQUE COMMANDÉ, n.m.

Définition:
Montant de remorque contenant un vérin hydraulique et supportant un bras ou un volet presseur, qui s'allonge pour permettre le chargement de la remorque et se rétracte pour compacter les résidus.

Contexte:
Le mauvais fonctionnement des montants télescopiques commandés était dû à une fuite de l'huile hydraulique.

ILLUSTRATION:
Voir BRAS PRESSEUR, 68.

TELESCOPIC STAKE

Definition:
Trailer stake containing a hydraulic cylinder supporting a cross beam or a flap, that extends to allow trailer loading and retracts to compact residue.

Context:
Cross beams are turned over from the telescopic stakes on one side and locked at the top of the stakes on the opposite side (Results, No. 3, 1982).

ILLUSTRATION:
See CROSS BEAM, 68.

3. BRAS PRESSEUR, n.m.

Définition:
Poutre d'acier montée au bout de chacun des montants d'un même côté de la remorque, qui est rabattue vers le montant du côté opposé et bloquée avec celui-ci durant la compression de la charge, puis débloquée et retournée en position verticale pour permettre de poursuivre le chargement.

CROSS BEAM

Definition:
A device consisting of steel cross beams, mounted on telescopic stakes, which, when turned over and locked onto stakes on the opposite side, are pulled down to compact the load, then returned to vertical position to continue loading.

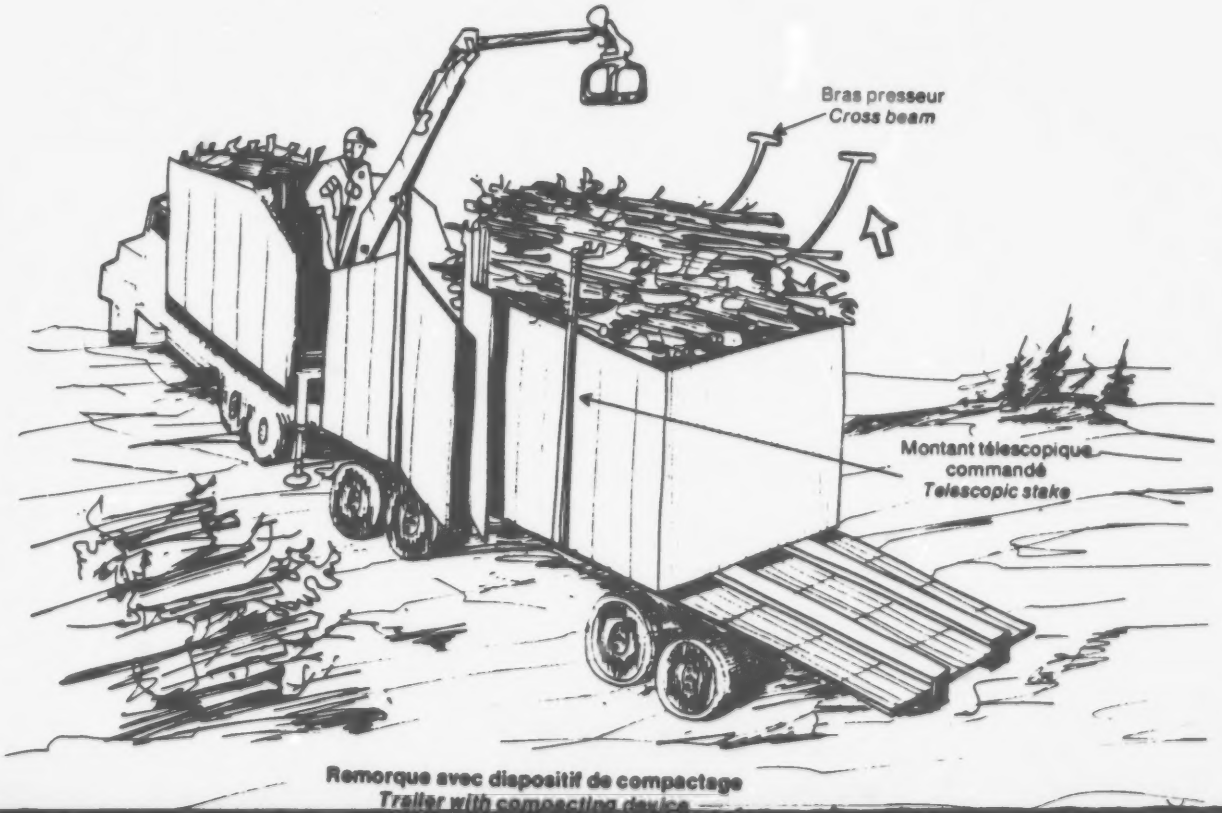
Contexte:
Le rendement obtenu est faible, mais non ridicule et on peut penser qu'il est possible de l'améliorer en utilisant un grappin mieux adapté et un plateau plus important muni de bras presseurs (Annales de mécanisation forestière 1981, 1982, p. 134).

NOTE:
Au sommet de chaque montant télescopique le long d'un des côtés de la remorque se trouve un rotateur qui fait tourner un bras dont l'autre extrémité va s'insérer dans une espèce de pince située au sommet du montant télescopique correspondant, de l'autre côté de la remorque.
Les montants et les poutres s'abaissent, comprimant le contenu de la remorque, puis ils remontent, la pince dégage la poutre qui s'écarte du chargement grâce au rotateur et on continue à ajouter d'autres résidus ou portions d'arbres entiers.

Context:
The tree sections are compacted by a cross beam between the telescopic stakes (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 6).

NOTE:
A rotator placed at the top of telescopic stakes, which are positioned on one side of the trailer, operates an arm that locks onto a clamp at the top of the corresponding stakes on the opposite side of the trailer. Stakes and beams are pulled down to compact the trailer's contents, then lifted, unlocked and rotated backwards, in preparation for a new load,and the process is repeated.

ILLUSTRATION:



Remorque avec dispositif de compactage
Trailer with compacting device

69. VOLET PRESSEUR, n.m., terme prop.

Définition:
Plaque d'acier, montée à l'extrémité de chaque montant télescopique de la remorque et rabattue sur la charge durant la rétraction des montants afin de compacter les branches ou résidus.

FLAP

Definition:
Steel plate mounted on the top of a telescopic stake which is pulled down to compact the load.

Context:
The tree sections are compacted by the flaps mounted on top of the telescopic stakes (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 6).

70. MINI-ÉBRANCHEUSE-TRONÇONNEUSE, n.f., terme prop.

Définition:
Tête d'ébranchage-tronçonnage montée sur le relevage trois points d'un tracteur agricole ou à l'extrémité de la flèche d'un porteur forestier et conçue pour le façonnage de petits arbres en coupe d'éclaircie.

THINNING PROCESSOR
syn. MINI-PROCESSOR
GRAPPLE PROCESSOR

Definition:
Limbing-slashing head mounted on the three-point hitch of a farm tractor or at the extremity of a forwarder boom, developed for processing small trees in thinning operations.

Context:
1. As a result of intensive development work a new product has been born this year: the Pika 35 thinning processor (Finnish Trade Review, December 1982, p. 10).

2. The grapple processor Volvo BM Valmet 940 GP is particularly suitable for working on smaller trees (Finnish Trade Review, December 1982, p. 16).

NOTE:
Le terme anglais grapple processor s'applique uniquement à la tête d'ébranchage-tronçonnage montée sur flèche, laquelle pourrait alors être désignée plus spécifiquement en français comme mini-ébrancheuse-tronçonneuse montée sur flèche.

NOTE:
The English term grapple processor applies only to the limbing-slashing head mounted on a boom, while thinning processor and mini-processor apply to the limbing-slashing head either mounted on a boom or on the three-point hitch of a farm tractor.

71. TRONÇONNEUR DE HOUPPIERS, n.m., terme prop.

Définition:
Dispositif de tronçonnage conçu pour sectionner les grosses branches des houppiers, de façon à en diminuer le volume d'encombrement et à en faciliter le transport.

NOTE:
1. Le tronçonneur de houppiers est particulièrement utile dans les coupes d'éclaircie de peuplements feuillus. Les feuillus en effet ne présentent pas comme les résineux une cime droite et régulière dont les branches vont en diminuant. Ils comportent souvent plusieurs grosses branches à peu près d'égale importance et plus ou moins tordues. Ils sont donc très encombrants à transporter tels quels, et risquent d'endommager les arbres résiduels si on ne réduit pas leur volume.

TOPWOOD PROCESSOR
syn. TOPWOOD PROCESSING DEVICE

Definition:
Slashing device developed to separate the big branches forming the crown of a tree, to reduce volume and facilitate hauling.

Context:
1. Fig. 3 - Field trials with mechanized topwood recovery. (A) Experimental topwood processor. (B) Grapple skidding of processed top. (C) Conventional chipping of recovered topwood (J.A. Mattson, R.A. Arola and W.A. Hillstrom, Recovering and Chipping Hardwood Cull Trees Having Heavy Limbs, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, 1978, p. 128).

2. Our topwood processing device is a small, highly maneuverable, hydraulically actuated shear specially mounted on a knuckle boom of a carrier vehicle (J.A. Mattson, R.A. Arola and W.A. Hillstrom, Recovering and Chipping Hardwood Cull Trees Having Heavy Limbs, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, 1978, p. 121).

NOTE:
1. The topwood processor is particularly useful for thinning operations in hardwood stands. Unlike softwood, hardwood does not produce a straight and regular crown with increasingly smaller branches. They often have several big limbs, one as large as the other and more or less crooked. They are very clumsy to haul as they are and might damage residual trees if their volume is not reduced.

2. Le dispositif qui sert à tronçonner les houppiers doit comporter une pince de préhension capable de saisir la branche et de la serrer fortement pour assurer un point d'appui, ainsi qu'un outil de coupe. Il s'apparente donc un peu au grappin-scie. Ce qui le différencie de ce dernier, c'est sa très grande souplesse, attribuable principalement au mécanisme d'assemblage avec la flèche, mécanisme qui permet à l'opérateur d'imprimer au dispositif de coupe différentes orientations par rapport à l'axe de la flèche. Il lui est donc possible de sectionner le tronc et les branches, quelle que soit leur forme ou leur grosseur. Il pourra en effet séparer les branches les unes des autres pour les déposer en tas sur le sol (où elles seront reprises par un débardeur à câble ou à pince) ou dans la pince arrière de l'engin qui le supporte (récupératrice de houppiers), ou encore il pourra tronçonner les branches en billes.

2. The device used to process tops must have grapple tongs (acting as a support) to hold the limb tightly, and a cutting tool. It is similar to a grapple saw. What makes it different is its great flexibility, due mainly to the assembling mechanism, which allows the operator to move the cutting device to various angles relative to the boom axis. It can then sever stem and branches, whatever their form and size. Branches will then be separated and deposited in piles on the ground (to be picked up by a cable or grapple skidder), or in the reverse grapple of the topwood harvesting machine, or they will be slashed to produce logs.

3. L'outil de coupe utilisé peut évidemment varier. Les recherches avaient porté d'abord sur une cisaille, mais le tronçonneur que nous connaissons actuellement est équipé d'une fraise et pourrait donc être désigné par le terme tronçonneur à fraise.

3. The cutting tool may take different forms. Research was first done with a shear, however the topwood harvester now in use is actually equipped with an auger and could be designated as an auger topwood processor.

ILLUSTRATION:
Voir RÉCUPÉRATRICE DE HOUPPIERS, 72.

ILLUSTRATION:
See TOPWOOD HARVESTER, 72.

72. RÉCUPÉRATRICE DE HOUPPIERS, n.f., terme prop.

Définition:
Engin forestier automoteur conçu pour la récolte et le débardage des houppiers en coupes d'éclaircie et équipé d'un tronçonneur de houppiers monté en bout de flèche.

TOPWOOD HARVESTER
syn. TOPWOOD HARVESTING EQUIPMENT
TOPWOOD HARVESTER ASSEMBLY

Definition:
Self-propelled logging machine developed for harvesting and hauling topwood, and equipped with a topwood processor mounted at boom extremity.

Context:
1. Then they combined the two functions in an experimental topwood harvester that will both process and skid the tops (The Northern Logger and Timber Processor, Vol. 31, No. 6, December 1982, p. 20).

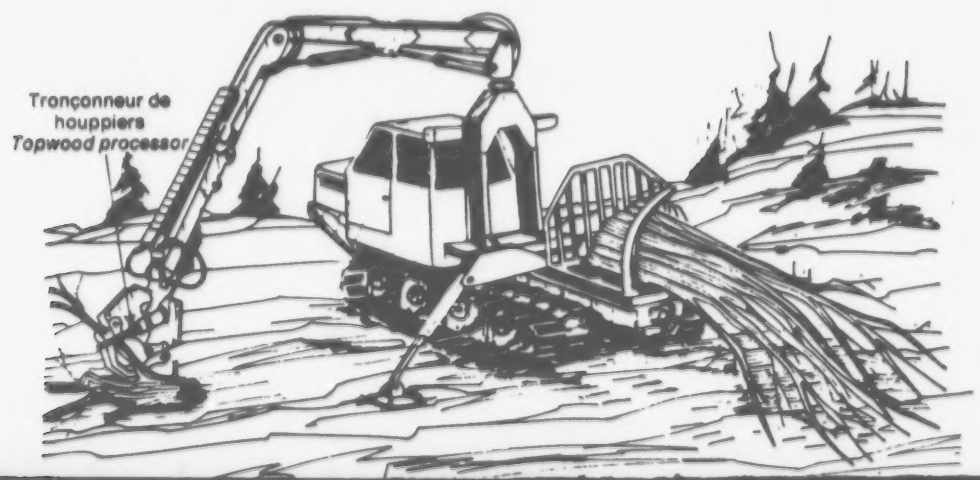
2. A field trial of the topwood harvesting concept was conducted to (a) [...]; (b) evaluate the damage to the residual stand caused by the topwood harvesting equipment; (c) [...] (J.A. Mattson, R.A. Arola and W.A. Hillstrom, Recovering and Chipping Hardwood Cull Trees Having Heavy Limbs, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, 1978, p. 121).

3. The prototype topwood harvester assembly was designed to sever and bunch hardwood limbs up to 12-inches in diameter (J.A. Mattson, R.A. Arola and W.A. Hillstrom, Recovering and Chipping Hardwood Cull Trees Having Heavy Limbs, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, 1978, p. 121).

NOTE:
La récupératrice de houppiers pourrait éventuellement être constituée d'un engin de débardage différent de celui qui est montré en illustration.

NOTE:
The topwood processor could be mounted on a carrier different from the one shown in the illustration.

ILLUSTRATION:



73. GRUE À LONGUE PORTÉE, n.f.
var. GRUE DE LONGUE PORTÉE, n.f.

LONG-REACH CRANE

Définition:
Grue à flèche, montée sur le châssis d'un engin forestier et possédant une ou deux rallonges télescopiques qui lui permettent de ramasser, à partir d'une voie d'accès, les arbres qui sont à l'intérieur du peuplement.

Definition:
Crane with a boom mounted on the chassis of a logging machine, equipped with one or two telescopic extensions, used to harvest trees inside a forest stand while remaining on the access road.

Contexte:
1. L'éclaircie à l'aide d'une grue à longue portée suppose que les arbres soient marqués (Grue à longue portée en éclaircie, dans: Informations-Forêt, n° 4, 1983, p. 6).

2. L'attention des constructeurs est aussi attirée sur les équipements qui peuvent épargner au sol des effets de tassement comme, par exemple, les grues de longue portée et les treuils (Tassement du sol forestier et récolte mécanisée du bois, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 48, 1er trimestre 1983, p. 10).

NOTE:
1. La flèche de cette grue sera désignée par un terme analogue: flèche à longue portée, flèche de longue portée.

NOTE:
1. The boom mounted on this crane will be designated as long-reach boom or telescopic boom.

2. Généralement, ces grues supportent un grappin, mais elles peuvent également être équipées d'une tête d'abattage qui permet d'abattre des arbres à l'intérieur du peuplement, sans quitter la voie d'accès.

2. Usually, these cranes support a grapple, but they can also be equipped with a felling head to cut trees inside the stand while staying on the access road.

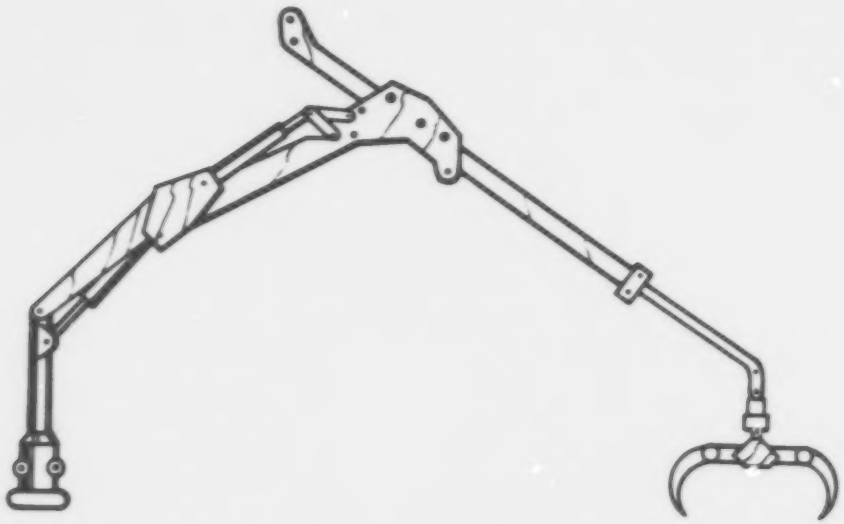
3. Le principe de travail de ces grues est sensiblement différent de celui des grues traditionnelles. En effet, comme elles doivent, sans quitter le chemin d'accès, sortir du peuplement des billes ou des arbres généralement groupés à un point assez éloigné, elles commencent par les rapprocher en les traînant sur le sol, puis elles les soulèvent lorsqu'ils sont arrivés à une distance correspondant à la portée normale d'une grue.

3. These cranes work differently from the conventional ones since they must pick-up logs or trees, usually bunched inside the stand, while staying on the access road. The trees are skidded close to the roadside by sliding them along the ground. They are lifted only when they are within the normal reach of a crane.

Le deuxième bras de certaines de ces grues peut contenir jusqu'à deux autres bras télescopiques.

The second arm may contain up to two other telescopic booms.

ILLUSTRATION:



Grue à longue portée
Long-reach crane

74. MINI-ABATTEUSE-GROUPEUSE, n.f., terme prop.

Définition:
Abatteuse-groupeuse de petite taille qui peut pénétrer dans un peuplement forestier soumis à une coupe d'éclaircie pour y abattre les arbres et les déposer en tas sur le parterre de coupe ou en bordure de route.

MINI FELLER-BUNCHER
syn. SMALL SIZED FELLER-BUNCHER
abbr. SMALL FELLER-BUNCHER

Definition:
Small feller-buncher capable of traveling through a forest stand during thinning operations, to fell trees and deposit them in a pile on the cutting area or at roadside.

Context:
1. Examples of small feller-bunchers are, the Finnish Makeri (Figure 20) and the Morbell (Figure 21) (D. Brière, Recent Developments in the Recovery of Logging Residue for Energy, 1983).

NOTE:
Parmi les machines de cette catégorie, mentionnons la mini-abatteuse-groupeuse finlandaise Makeri et la mini-abatteuse-groupeuse tricycle Morbell Mark IV. Elles sont surtout conçues pour abattre les arbres de faible diamètre.

NOTE:
The Finnish feller-buncher Makeri and the tricycle feller-buncher Morbell Mark IV are in this category. They are particularly useful in felling small diameter trees.

5. MINI-ABATTEUSE-TRONÇONNEUSE, n.f., terme prop.

MINI HARVESTER
syn. SMALL THINNING HARVESTER
abbr. SMALL HARVESTER

Définition:
Abatteuse-tronçonneuse de petite taille qui peut pénétrer dans un peuplement forestier soumis à une coupe d'éclaircie pour y abattre les arbres, les ébrancher, les tronçonner et les empiler en bordure de route.

Definition:
Small feller-limber-bucker, capable of traveling through a forest stand during thinning operations, to fell, delimb, slash and pile the trees at roadside.

Context:
The 81-61 is a small thinning harvester built on the same basic chassis as the 81-11 (Kockums Industri, Logging Machines).

NOTE:
Un exemple de cette machine est le Makeri, équipé d'une tête multi-fonctionnelle.

NOTE:
The Makeri, equipped with a multi-function head, is in this category.

6. MINI-ABATTEUSE À PINCE PORTANTE, n.f., terme prop.

MINI FELLER-SKIDDER
syn. SMALL FELLER-SKIDDER

Définition:
Abatteuse semi-porteuse de petite taille qui peut pénétrer dans un peuplement forestier soumis à une coupe d'éclaircie pour abattre les arbres et les sortir du peuplement avec sa sellette de débardage.

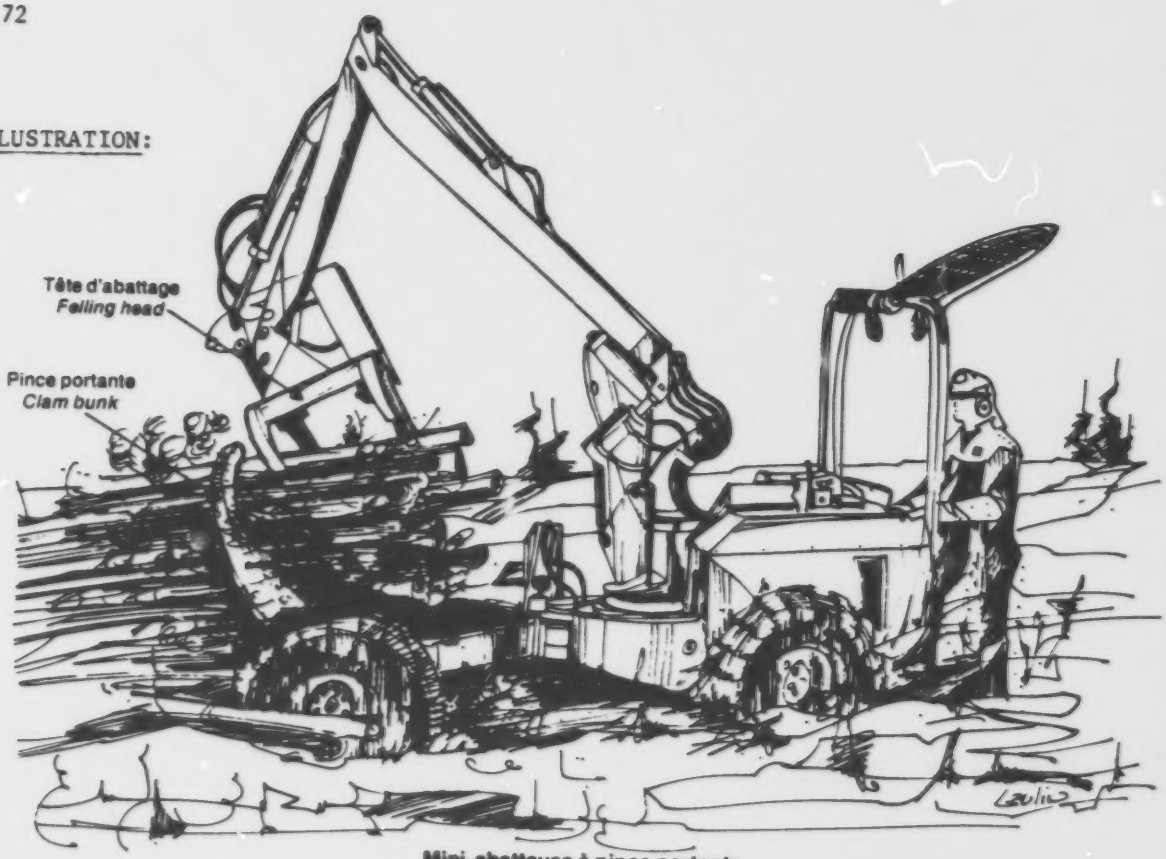
Definition:
Small feller-skidder capable of traveling through a forest stand during thinning operations to fell trees and haul them with its clam bunk.

Context:
A mini skidder equipped with a felling head makes a mini feller-skidder (Results, No. 3, 1982).

NOTE:
Une mini-abatteuse à pince portante, connue sous le nom de "cutting ant" (Klippmyran) est conduite par un opérateur qui marche à côté de la machine.

NOTE:
A mini feller-skidder, known as the "cutting ant" (Klippmyran) is operated by a man walking besides the machine.

ILLUSTRATION:



Mini-abatteuse à pince portante
Mini feller-skidder

77. MINI-ABATTEUSE-PORTEUSE, n.f., terme prop.

Définition:
Abatteuse-porteuse de petite taille qui peut pénétrer dans un peuplement forestier soumis à une coupe d'éclaircie pour y abattre les arbres et les débarder.

MINI FELLER-FORWARDER
syn. SMALL FELLER-FORWARDER

Definition:
Small feller-forwarder capable of traveling through a forest stand during thinning operations to fell and haul the trees.

Context:
Small feller-bunchers and feller-forwarders are included, however they are not used extensively in North America and may have application in second-pass harvesting of small residuals and residues (M.A. Pottie, Harvesting and Transport of Logging Residues and Residuals, Including Stumps, Unpublished Report, 1983, p. 15).

8. MINI-DÉBUSQUEUR, n.m., terme prop.

Définition:
Engin de débusquage de petite taille qui peut pénétrer dans un peuplement forestier soumis à une coupe d'éclaircie pour en sortir les arbres abattus.

NOTE:
1. Il n'existe pas de correspondance directe entre le français et l'anglais quand il s'agit de rendre la notion recouverte en anglais par le terme skidder qui, selon le cas, peut s'appliquer à un débusqueur, à un débardeur à pince ou à un semi-porteur. La notion française de débusquage est généralement réservée à l'opération effectuée par le débardeur à câble qui forme lui-même sa propre charge en allant chercher les arbres un à un à l'aide de son treuil. Dans le contexte d'une coupe d'éclaircie, il est évident que l'engin qui sert à sortir les arbres de la coupe joue le rôle d'un débusqueur, peu importe l'accessoire qu'il utilise, câble, pince ou flèche.

2. La machine montrée en illustration est une petite machine polyvalente à trois roues qui, grâce à sa petite taille et à sa souplesse, peut circuler facilement dans des coupes d'éclaircie. On la verra donc travailler au débusquage, transportant les arbres abattus ou les billes à travers le peuplement pour les déposer en bordure de route ou les charger sur un véhicule de transport. Il existe évidemment d'autres versions du mini-débusqueur, plus conformes au modèle classique mais de taille réduite.

MINI SKIDDER
syn. SMALL SKIDDER

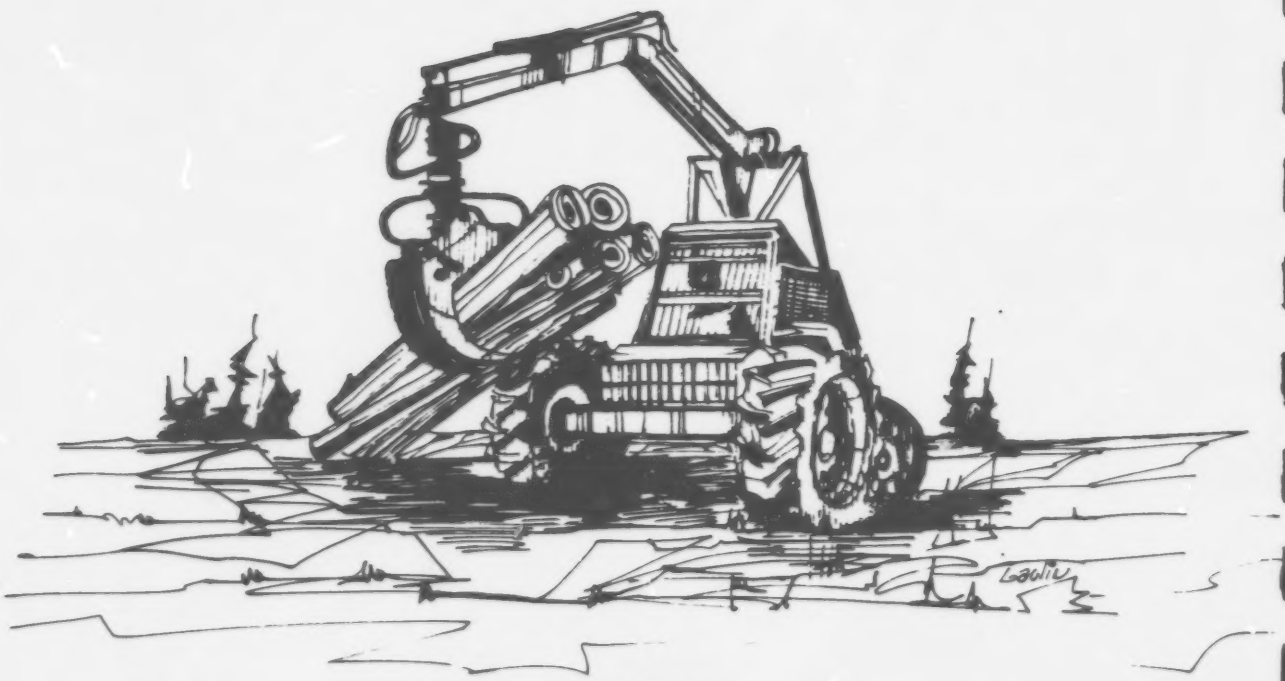
Definition:
Small skidder capable of traveling through a forest stand during thinning operations, to haul felled trees.

Context:
The carrier vehicle was a specially outfitted Gafner 4000 series mini-skidder (J.A. Mattson, R.A. Arola and W.A. Hillstrom, Recovering and Chipping Hardwood Cull Trees Having Heavy Limbs, 1978, p. 121).

NOTE:
1. The English term skidder cannot be translated directly into French and will designate, depending on the machine, a débusqueur (cable skidder), a débardeur à pince (grapple skidder), or a semi-porteur (clam bunk skidder). The French word débusquage is generally applied to the operation accomplished by a cable skidder, preparing its own load by winching trees one by one. In thinning operations, it is clear that the machine employed to carry trees out of the cutting area acts as a débusqueur, whatever the accessory used: cable, grapple or boom.

2. The illustration shows a small machine with only three wheels. Because of its size and versatility, it can move easily through thinning operations, haul felled trees or logs through the forest stand and bring them to roadside or load them on a transportation vehicle. There are other versions of the mini-skidder, corresponding more closely to the conventional model, but smaller in size.

ILLUSTRATION:



Mini-débusqueur
Mini-skidder

79. MINI-PORTEUR, n.m., terme prop.

Définition:
Porteur de petite taille qui peut pénétrer dans un peuplement forestier soumis à une coupe d'éclaircie pour en sortir les billes ou les houppiers.

MINI FORWARDER
syn. SMALL FORWARDER

Definition:
Small forwarder capable of traveling through a forest stand during thinning operations, to haul logs or tops.

Context:
The 83-85 is a small forwarder which is gentle to the ground (Kockums Industri, Logging Machines).

1.3 Récolte des souches

1.3.1 Sur le parterre de coupe

1.3 Stump harvesting

1.3.1 On cutting area

80. DESSOUCHAGE, n.m.
syn. EXTRACTION DES SOUCHES, n.f.

Définition:
Opération qui consiste à extraire une souche du sol, soit au moment de l'abattage, soit après l'abattage.

Contexte:
1. Le prix du bois étant fixé par le marché, il est donc nécessaire de faire entrer, dans les calculs économiques, toutes les retombées directes et indirectes du dessouchage, afin de situer au mieux le niveau du seuil de rentabilité (Annales de mécanisation forestière 1980, 1981, p. 402).

2. L'exploitation des bois s'est faite en deux étapes: la coupe rase des pins maritimes qui a fourni 160 m^3 de bois marchand et l'extraction des souches (Annales de mécanisation forestière 1980, vol. II, 1981, p. 405).

Voir aussi:
EXPLOITATION INTÉGRALE, 25.;
EXTRACTEUR D'ARBRES, 26.

STUMP EXTRACTION
syn. STUMP REMOVAL
STUMP PULLING
STUMPING

Definition:
Operation consisting of extracting a stump from the ground, either at the time of felling, or after felling.

Context:
Figure 3 - Showing the results of stump extraction by the Rockland Roto Lifter (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 2).

See also:
TOTAL TREE LOGGING, 25.;
TREE EXTRACTOR, 26.

81. DESSOUCHEUSE (1), n.f.

Définition:
Engin qui peut être automoteur, traîné, ou porté utilisé pour récolter les souches à l'aide d'un extracteur de souches.

STUMP EXTRACTING MACHINE
syn. STUMP PULLING MACHINE
STUMPER

Definition:
Self-propelled, trailed or towed machine used to harvest stumps with a stump extractor.

Contexte:
Cette dessoucheuse enlève des souches de 40 à 80 cm de diamètre en une seule fois; pour les souches d'un diamètre supérieur, il suffit d'extraire successivement plusieurs carottes (Utilisation du tracteur agricole en forêt, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 45, 2e trimestre 1982, p. 5).

Context:
Rockland Inc., of Winter Garden, Florida, is now manufacturing a stump pulling machine for harvesting stumps in plantations (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 1).

82. EXTRACTEUR DE SOUCHES, n.m.
syn. DESSOUCHEUR, n.m.
DESSOUCHEUSE (2), n.f.

STUMP EXTRACTOR
syn. STUMP PULLER

Définition:
Dispositif conçu pour extraire les souches du sol.

Definition:
Device developed to extract stumps from the ground.

Contexte:
1. L'étude de rendement a été réalisée, sur deux aires de coupe différentes, à l'aide d'une pelle hydraulique équipée d'un extracteur de souches.

Context:
1. Once the outer boom has been modified, it is easy to change from a felling tool to the Herkules stump extractor and vice versa (Kockums Industri, Kockums Herkules Stump Extractor, 1981).

2. Le dessoucheur peut être installé sur le relevage trois points d'un tracteur agricole ou sur une pelle hydraulique.

2. The stump puller will also assist in the site preparation of forest lands, or conversion of lands to agricultural uses (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 4).

3. Il existe différents matériels destinés à faire disparaître les souches, que l'on peut classer en deux catégories: - les dessoucheuses: qui extraient les souches; - les broyeuses de souches: qui réduisent les souches en copeaux jusqu'à une profondeur variable (Utilisation du tracteur agricole en forêt, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 45, 2e trimestre 1982, p. 5).

NOTE:
1. Comme il arrive souvent dans le domaine de l'équipement, le terme dessoucheuse qui s'applique à l'engin muni d'un dispositif de dessouchage est parfois utilisé pour désigner le dispositif lui-même. Pour éviter

NOTE:
1. When referring to equipment, the term used for a machine equipped with a certain device is sometimes used for the device itself. To avoid confusion, we recommend using extracteur de souches or dessoucheur.

toutefois pas cet emploi, lui préférant extracteur de souches ou dessoucheur.

2. Le dessouchage peut se faire par carottage. La machine (dessoucheuse hélicoïdale) est alors constituée d'un cylindre d'acier muni à sa base de dents gouges; entraîné sur lui-même, il découpe un cylindre dans le sol ou dans la souche; ou bien il peut se faire par extraction lorsque la machine comporte des dents ou griffes de dessouchage qui pénètrent dans le sol pour en extraire la souche (Pallari), ou encore des roues qui saisissent la souche et l'arrachent au fur et à mesure de l'avancement du tracteur (Roto-Lifter). Enfin, d'autres dessoucheuses sont formées d'un grappin attaché à la flèche par un vibrateur; au moment où le grappin touche le sol, ses mâchoires se referment sur la souche et le mécanisme de vibration entre alors en action pour extraire en quelques minutes la souche et le système radiculaire. Le mouvement de vibration se poursuit ensuite, contribuant à nettoyer la souche de la poussière et des débris de roches qui l'entourent.

2. Stumping can be done in several ways. One method uses a long steel cylinder equipped with cutting teeth at its base; turning on itself, it will cut a cylinder out of the ground or in the stump (helical stumper); a second method utilizes a machine equipped with teeth that are inserted into the ground to extract the stump (Pallari), or with wheels that grab the stump and pull it out as the machine is moving (Roto-Lifter); finally there is another stumping machine which consists of a grapple attached to the boom through a vibrating mechanism. When the grapple comes in contact with the ground, its jaws grip the stump, the vibrator is started, the grapple is raised and the vibratory action loosens the soil around the root system reducing the force required for extraction.

3. En plus de l'extraction, le traitement des souches peut comprendre plusieurs stades dont l'appellation n'a rien de vraiment néologique. La plupart des termes suivants se retrouvent d'ailleurs ici et là dans la documentation se rapportant à la récupération des souches: secouage, lavage, dessablage, nettoyage, cisaillement, fendage, débardage, transport, stockage.

3. In addition to extraction, various other operations involving stumps need not be explained here as they are not new. The following terms are used in referring to stump recovery: shaking, washing, cleaning, shearing, splitting, hauling, transportation, stocking.

On peut parfois débarder les souches entières pour les traiter dans un parc central. Mais il peut aussi sembler avantageux d'effectuer sur place, avant débardage, certaines opérations de nettoyage et de fractionnement. Si le dispositif d'extraction est monté sur une pelle hydraulique, on verra parfois un conteneur ou une benne installé à l'arrière de la pelle pour recevoir les souches ou fragments de

Whole stumps are sometimes hauled in one piece to be subsequently treated in a central yard. However it may be preferable to proceed to preliminary cleaning and fractioning before hauling operations. If the extracting device is mounted on an excavator, it might sometimes be equipped at the rear with a container or a hopper to accumulate stumps or stump chunks; the excavator may also pull a trailer.

souches. La pelle peut aussi tirer une remorque derrière elle.

En d'autres cas, les souches seront laissées sur place, entières ou fendues, pour être ramassées par des tracteurs remorques spéciaux.

4. Outre les dessoucheuses qui extraient les souches, il existe également des broyeuses de souches qui, au moyen de couteaux montés sur un disque. ou au moyen d'une fraise, pulvérisent les souches sur place, les réduisant en copeaux et en sciures pour former une sorte de mulch. Toutefois, ces machines ne servent pas à récupérer la matière ligneuse.

In other cases, stumps will be left on the cutting area, whole or split, to be hauled later by special forwarders or trailers.

4. In addition to machines which extract stumps from the ground, there are also machines known as stump grinders (stump choppers, stump augers, stump cutters) that have knives mounted on a disk or an auger to reduce stumps to chips or sawdust and form a mulch left on the ground. However these machines do not recover the ligneous fiber.

83. EXTRACTEUR-SÉCATEUR, n.m.

Définition:
Extracteur de souches comportant un sécateur qui coupe la souche en deux ou trois morceaux au moment de l'extraction, de façon à en faciliter le transport et la manutention.

Contexte:
Quelques aspects de l'exploitation des souches: extracteur-sécateur Pallari [sous illustration] [...] (Annales de mécanisation forestière 1980, 1981, p. 404).

NOTE:
1. L'engin qui porte un extracteur-sécateur pourrait, selon le système de classification suggéré en introduction, être désigné par le terme dessoucheuse-fragmenteuse.

STUMP EXTRACTOR AND SPLITTER
var. STUMP EXTRACTOR-SPLITTER
abbr. STUMP EXTRACTOR
syn. STUMP HARVESTER

Definition:
Stump extractor equipped with a shear that cuts the stump in two or three sections at the time of extraction, in order to facilitate transportation and handling.

Context:
1. [They] have extracted on average 56 stumps per hour from ground which is virtually unbreakable with previous stump extractors (Kockums Industri, Kockums Herkules Stump Extractor, 1981).

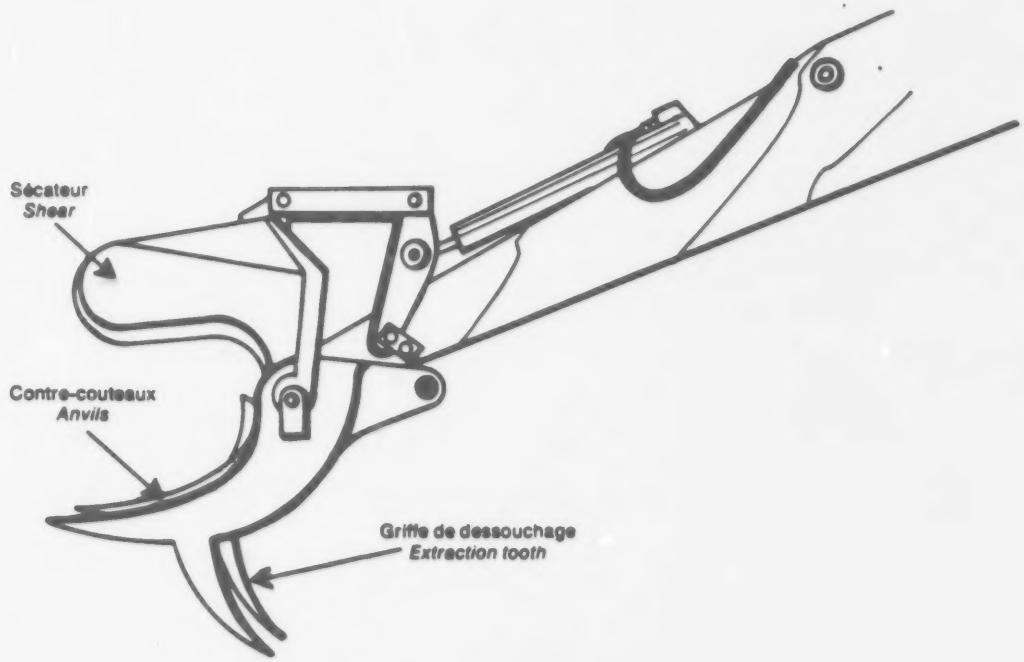
2. In Sweden the system includes a stump harvester and an experimental prototype of stump forwarder and cleaner (D. Brière, Recent Developments in the Recovery of Logging Residue for Energy, 1983).

NOTE:
1. According to the classification system suggested in the introduction, the machine equipped with a stump extractor-splitter could be designated by the term stumper-chunker.

2. L'extracteur-sécateur présenté en illustration est un Pallari. Il existe d'autres types d'extracteur-sécateur comme le Herkules qui ne comporte pas de griffes, mais plutôt un bras pivotant muni à son extrémité d'un couteau qui pénètre sous la souche, le Strindwex qui ressemble au Pallari, mais en plus léger avec une seule griffe, et d'autres.

ILLUSTRATION:

2. The following illustration shows a Pallari stump extractor-splitter. There are other types of extractor-splitter, such as the Herkules that does not have extraction teeth, but a pivoting arm supporting a knife that is inserted under the stump, the Strindwex that resembles the Pallari, but is lighter and is equipped with one extraction tooth, and others.



Extracteur-sécateur
Stump extractor-splitter

84. ROUE DE DESSOUCHAGE, n.f.

STUMP PULLING WHEEL
abbr. PULLING WHEEL
syn. STUMPING WHEEL

Définition:
Roue motorisée inclinée, munie de dents qui pénètrent dans le sol, agrippent la souche et la soulèvent pour la laisser tomber sur le sol.

Definition:
Tilted motorized wheel, equipped with teeth that enter the ground, grab the stump and lift it up to drop it onto the ground.

Contexte:
Les roues de dessouchage soulèvent la souche, puis la laissent retomber dans le sillon, prête à être débardée ou fragmentée sur place.

Context:
1. The stump pulling wheels are mounted on a hydraulically controlled frame hooked to the towing tractor, allowing for pulling depth adjustments while in motion (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 3).

2. The pulling wheels grip the stump, pulling it out of the ground, and then release it to fall back into the row (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 3).

3. Disc coulters cut and part trash ahead of the stumping wheels (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 3).

85. COUTRE CIRCULAIRE, n.m.

Définition:
Disque à arête tranchante qui coupe le sol verticalement en avant des roues de dessouchage.

Contexte:
Les coutres circulaires ont un diamètre de 90 cm.

DISC COULTER

Definition:
Disc with a cutting edge that cuts the ground vertically in front of stumping wheels.

Context:
Disc coulters cut and part trash ahead of the stumping wheels (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 3).

86. GRIFFE DE DESSOUCHAGE, n.f.
syn. GRIFFE D'EXTRACTION, n.f.
ERGOT EXTRACTEUR, n.m.

Définition:
Dent fixe de la dessoucheuse à griffe, qui fait dos aux contre-couteaux et qui est forcée dans le sol sous la souche, à l'aide d'un vérin hydraulique, pour en permettre l'extraction.

EXTRACTION TOOTH
syn. RIPPING TYPE TOOTH
LIFTING CLAW
abbr. CLAW
UPROOTING TOOTH

Definition:
Tooth fixed on the back of the anvil of a stump-extractor-splitter, which is forced into the ground under the stump with a hydraulic cylinder, to allow extraction.

Contexte:
1. Divers essais ont permis de déterminer la longueur idéale des griffes de dessouchage.

2. [Il] se compose de deux griffes d'extraction fixes, de deux contre-couteaux fixes, d'un couteau animé hydrauliquement (venant pincer, puis sectionner la souche par appui entre les contre-couteaux) (Annales de mécanisation forestière 1979, 1980, p. 69).

3. L'outil Pallari se présente comme un gros sécateur muni d'ergots extracteurs (Annales de mécanisation forestière 1976, 1977, p. 237).

NOTE:
La dessoucheuse peut comporter une ou deux griffes de dessouchage.

37. SÉCATEUR, n.m.

Définition:
Outil de coupe, incorporé au châssis de la dessoucheuse à griffes, qui retient la souche pendant l'extraction et qui sert ensuite à la couper en plusieurs morceaux.

Contexte:
Le conducteur commence par faire pivoter la souche à l'aide des ergots; puis, il finit de la déraciner en la soulevant à l'aide du sécateur (Annales de mécanisation forestière 1976, 1977, p. 238).

Context:
The Stumparvester [...] consists of a shear or cutter blade activated by the bucket cylinder moving through a two-forked anvil type arrangement, to the underside of which are fitted two 48 cms long extraction teeth, or ripping type teeth (Orenstein & Koppel, The Stumparvester for RH4/MH4).

NOTE:
The stump extractor may have one or two extraction teeth.

SHEARING KNIFE
syn. SHEAR
CUTTER BLADE

Definition:
Cutting tool, incorporated into the chassis of the tooth stump extractor to hold the stump during extraction, and used to cut it into several pieces.

Context:
1. With the aid of its shearing knife, the Herkules splits the stump between the buttresses (Kockums Industri, Kockums Herkules Stump Extractor, 1981).

2. The Stumparvester [...] consists of a shear or cutter blade activated by the bucket cylinder moving through a two-forked anvil type arrangement, to the underside of which are fitted two 48 cms long extraction teeth, or ripping

ILLUSTRATION:
Voir EXTRACTEUR-SÉCATEUR, 83.

88. BRAS DE DESSOUCHAGE, n.m.

Définition:
Bras pivotant portant à son extrémité un couteau qui pénètre dans le sol sous la souche pour la soulever et la sectionner en plusieurs morceaux.

Contexte:
Le bras de dessouchage soulève la souche du sol avec une force de 25 tonnes.

89. DESSOUCHEUSE À TÊTE VIBRANTE, n.f., terme prop.
syn. DESSOUCHEUSE-SECOUEUSE, n.f., terme prop.

Définition:
Dessoucheuse constituée d'un grappin attaché à la flèche au moyen d'un vibrateur, pour ameublir le sol et permettre ainsi l'extraction de la souche et des racines avec une force réduite, de même que leur nettoyage.

type teeth (Orenstein & Koppel, The Stumparvester for RH4/MH4).

ILLUSTRATION:
See STUMP EXTRACTOR-SPLITTER, 83.

STUMPING BRIDGE

Definition:
Pivoting arm supporting a knife that is inserted into the ground under the stump to lift it and cut it into several pieces.

Context:
The most notable feature of the Herkules is the stumping bridge, which transfers the uprooting force to the ground instead of to the machine (Kockums Industri, Kockums Herkules Stump Extractor, 1981).

VIBRATING STUMP PULLER
syn. STUMP-ROOT PULLER
STUMP-ROOT EXTRACTOR

Definition:
Stump extractor which consists of a grapple attached to a vibrator, that simultaneously extracts the stump and roots while removing the dirt and debris.

Context:
Dr. Koch's studies on utilization of tree roots and his invention of the tree puller-buncher for extracting southern pines has stimulated development of stump-root and full tree pullers adapted to other tree species (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 28).

90. VIBRATEUR, n.m.

Définition:
Mécanisme à entraînement hydraulique, monté dans la tête de dessouchage, et servant à créer des vibrations d'une amplitude et d'une fréquence données pour les transmettre à la souche.

Contexte:
L'installation d'un vibrateur dans une tête de dessouchage est le résultat de plusieurs années de recherches et d'essais.

VIBRATOR
syn. VIBRATING DEVICE

Definition:
Hydraulically driven mechanism mounted in the stumping head, used to generate vibrations of a given amplitude and frequency, which are transmitted to the stump.

Context:
1. The vibrator is started, the prime mover raises the grapple and vibratory action extracts the stump-root system (L.B. Foster Company, Vibro Stump Puller).

2. A vibrating device is being developed as an attachment to the tree puller which could improve the quality of the stumpwood (LSU Forestry Notes, Note 122, November 1977, p. 1).

1.3.2 À la jetée ou en bordure de route

91. FENDEUSE DE SOUCHES, n.f.

Définition:
Machine qui fend les souches en deux ou plusieurs morceaux, parallèlement à l'axe principal des fibres de la souche.

Contexte:
L'étude a montré que la fendeuse de souches, alimentée manuellement, donnait un rendement insuffisant.

NOTE:
La fendeuse de souches est une machine construite sur le même principe que la fendeuse de bûches.

Voir aussi:
FRAGMENTEUSE DE SOUCHES, 92.

92. FRAGMENTEUSE DE SOUCHES, n.f.
abrév. FRAGMENTEUSE, n.f.

Définition:
Machine dont la fonction est de réduire les souches en fragments grossiers.

Contexte:
1. On déplace la fragmenteuse de souches au moyen d'un tracteur articulé.

2. La fragmenteuse évacue les morceaux en tas qui sont repris par un camion équipé d'une grue (Annales de mécanisation forestière 1982, 1983, p. 205).

1.3.2 At landing or roadside

STUMP SPLITTER

Definition:
Machine that splits stumps into two or more pieces, in a direction parallel to the main axis of stump fibers.

NOTE:
The design of the stump splitter is similar to the design of the log splitter.

See also:
STUMP CRUSHER, 92.

STUMP CRUSHER
syn. STUMP PROCESSOR
STUMP CRUSHING SYSTEM

Definition:
Machine used to reduce stumps into chunks.

Context:
Konekemia OY, a company in Helsinki, Finland, advertises that it sells and constructs an industrial stump crushing system capable of economically producing clean chips from stumps and root wood (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 28).

NOTE:
1. On trouve aussi dans la documentation le terme fendeuse de souches pour désigner une machine fabriquée par la société finlandaise Konekemia OY et appelée en anglais stump splitter. Or d'après la description de la machine, ces termes nous semblent incorrects, en français comme en anglais. En effet cette machine sert à couper les souches en plusieurs fragments grossiers, et pas nécessairement selon la direction des fibres du bois. Elle correspond donc plutôt à ce que nous appelons une fragmenteuse de souches, construite selon le principe du fragmenteur à presse.

2. Parmi les fragmenteuses de souches, mentionnons, outre celle qui est fabriquée par Konekemia OY, une machine danoise construite par TORP'S ELEKTRO-OG Maskinoerksted ApS et qui utilise des couteaux rotatifs montés sur un axe pour réduire les souches en fragments.

NOTE:
1. The term stump splitter and its translation fendeuse de souches, is sometimes used, referring to a machine built by the Finnish company Konekemia OY. This machine cuts the stumps into several large pieces, but not necessarily parallel to the wood fiber axis. Therefore it should be termed a stump crusher.

2. In addition to the stump crusher made by Konekemia OY, there is another machine built by TORP'S ELEKTRO-OG Maskinoerksted ApS, which uses rotating knives mounted on an axis, to reduce stumps into chunks.

PRESSE DE FRAGMENTATION, n.f.
syn. PRESSE-GUILLOTINE, n.f.
abrév. PRESSE, n.f.

Définition:
Mécanisme constitué d'un plateau fixe et d'une grille coupante mobile où sont fragmentés souches et troncs d'arbres au moment de leur passage à travers la grille.

Contexte:
1. La presse de fragmentation est actionnée par quatre vérins.

2. [...] - la presse-guillotine ne recule pas suffisamment, aussi les morceaux de souches restent-ils coincés au-dessus du couteau horizontal; [...] (Annales de mécanisation forestière 1979, 1980, p. 85).

CHUNKING PRESS

Definition:
Mechanism consisting of a fixed butt plate and a mobile cutting grate that cuts stumps and stems as they pass through the grate.

3. À chaque mouvement alternatif de la presse, les morceaux de souche demeurés entre les couteaux sont chassés vers l'extérieur par les suivants (Annales de mécanisation forestière 1979, 1980, p. 77).

94. CHAMBRE DE FRAGMENTATION, n.f.

Définition:
Carter d'acier à section rectangulaire ou carrée, ouvert sur le dessus et qui contient un mécanisme de fragmentation.

Contexte:
Une grue montée sur le camion dépose les souches ou morceaux de souches dans la chambre de fragmentation.

NOTE:
Le mécanisme de fragmentation peut être constitué de couteaux rotatifs qui forcent les souches à travers une grille, ou d'un piston dont la face est une grille coupante qui presse les souches pour les fragmenter.

ILLUSTRATION:

CUTTING CHAMBER

Definition:
Square or rectangular shaped steel box, open at the top, which contains a chunking mechanism.

NOTE:
The chunking mechanism consists of rotating knives which force the stumps through a grate, or of a ram having a cutting grate, instead of a plate, to chunk the stumps.

Chambre de fragmentation
Cutting chamber

. DISPOSITIF DE NETTOYAGE, n.m.
syn. DISPOSITIF DE DESSABLAGE, n.m.

Définition:
Dispositif, monté sur un engin de récolte, de fragmentation ou de transport des souches, qui secoue celles-ci pour les débarrasser du sable, de la terre et des débris qui y adhèrent.

Contexte:
1. Un dispositif de nettoyage, intégré à la [illegible]menteuse, a permis de diminuer de moitié le taux de sable contenu dans les souches.

2. Ainsi fractionnés, ils tombent sur un dispositif de dessablage constitué d'un train de roues dentées entraînées rapidement, qui les font avancer en les secouant, permettant à la terre, au sable et aux petits fragments de bois de s'évacuer par gravité sur un disque horizontal caoutchouté animé d'un mouvement circulaire rejetant ces déchets à l'extérieur de la machine (Annales de mécanisation forestière 1979, 1980, p. 78).

NOTE:
Le terme dispositif de nettoyage a un sens plus général que dispositif de dessablage. Cependant, l'exploitation intégrale et la récolte des souches étant surtout réservées, à l'heure actuelle, à des régions où l'extraction peut se faire facilement, c'est-à-dire où les sols sont plutôt sableux, les débris qui adhèrent aux souches sont en grande partie constitués de sable, d'où la possibilité d'employer l'un ou l'autre terme.

CLEANING MECHANISM

Definition:
Special device mounted on a stump harvesting, chunking or transportation machine, used to shake the stumps and remove dirt, sand and debris.

NOTE:
The term dispositif de nettoyage has a more general meaning than dispositif de dessablage. However, total tree logging and stump harvesting have been practiced until now in areas where extraction is easy, i.e., where soils are mostly sandy and debris adhering to the stumps is composed mainly of sand.

. PORTEUR DE SOUCHES, n.m.

Définition:
Engin forestier automoteur équipé d'une benne basculante conçue pour le débardage des souches.

STUMPWOOD FORWARDER
syn. STUMP FORWARDER

Definition:
Self-propelled logging machine equipped with a dumping box for stump hauling.

Contexte:
Le succès de l'opération dépend avant tout de la distance à parcourir et de la vitesse à laquelle le porteur de souches peut progresser.

NOTE:
Le débardage des souches peut évidemment se faire au moyen de porteurs ordinaires à benne basculante. Mais à cause du fort encombrement des souches entières, il peut être avantageux de les couper en plusieurs morceaux au moment même de leur extraction (certaines dessoucheuses offrent la possibilité de le faire) ou encore de les débarder avec un porteur dont les côtés sont renforcés et écartés vers le haut, ou bien rehaussés, de façon à permettre un plus grand volume de transport.

97. PORTEUR-NETTOYEUR DE SOUCHES, n.m., terme prop.

Définition:
Porteur de souches muni d'une benne dont le fond est constitué d'une grille à travers laquelle tournent des disques elliptiques qui secouent les souches pour les débarrasser des débris qui y adhèrent.

Context:
Transporting Equipment:
Primary (off-road) Transport
1. [...]
5. Other Stumpwood Forwarders (Sweden and Finland)
6. [...] (M.A. Pottie, Harvesting and Transport of Logging Residues and Residuals, Including Stumps, 1983, p. 6).

NOTE:
Stump hauling may be practiced with a conventional forwarder equipped with a dumping box. Because of the low bulk density of whole stumps, it might be preferable to cut them into several pieces at the time of extraction (using an extractor-splitter), or to haul them with a forwarder equipped with reinforced sides, tapering outwards to the top, or extended sides, so as to achieve a greater payload.

STUMPWOOD FORWARDER-CLEANER
syn. STUMP FORWARDER-CLEANER
var. STUMP FORWARDER AND CLEANER

Definition:
Stump forwarder, equipped with a box having openings in the bottom, through which elliptical disks rotate, shaking the stumps free of dirt and debris.

Context:
1. Transporting Equipment:
Primary (off-road) Transport
1. [...]
4. Korsnäs-Marma AB "Stumpwood Forwarder-Cleaner" (Sweden).
5. [...] (M.A. Pottie, Harvesting and Transport of Logging Residues and Residuals, Including Stumps, 1983, p. 19).

ILLUSTRATION:

Porteur-nettoyeur de souches
Stump forwarder-cleaner

98. GRAPPIN À SOUCHES, n.m.

Définition:
Grappin renforcé, à plusieurs dents, conçu pour la manutention des souches ou morceaux de souches.

Contexte:
La grue était équipée d'un grappin à souches comportant plusieurs dents.

STUMP GRAPPLE

Definition:
Reinforced grapple, with several prongs, designed to handle stumps or stump pieces.

1.4 Transport secondaire

99. TRAIN ROUTIER, n.m.

Définition:
Véhicule articulé comprenant un camion-remorque qui tire une semi-remorque et une ou deux remorques servant à transporter la matière ligneuse.

Contexte:
Avec l'addition d'une troisième remorque à un de ses trains routiers, en juin 1981, la compagnie Domtar à Dolbeau a augmenté la charge par voyage de 50 pour cent (Opérations forestières et de scierie, vol. 17, n° 11, novembre 1982, p. 12).

NOTE:
Suivant le mode de construction des remorques, on aura un train routier spécialisé dans le transport des troncs entiers, des billes, des souches, des copeaux, ou des conteneurs à souches ou à copeaux.

1.4 Secondary transportation

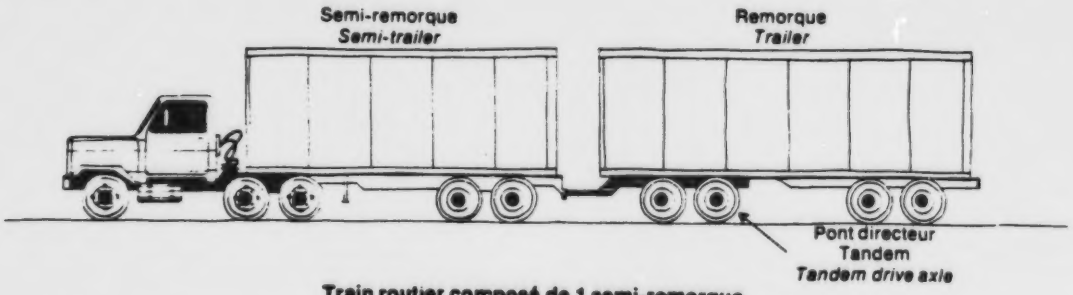
HAULING RIG
syn. HAULAGE RIG

Definition:
Articulated vehicle consisting of a truck-tractor that pulls a semi-trailer and one or two trailers for hauling ligneous material.

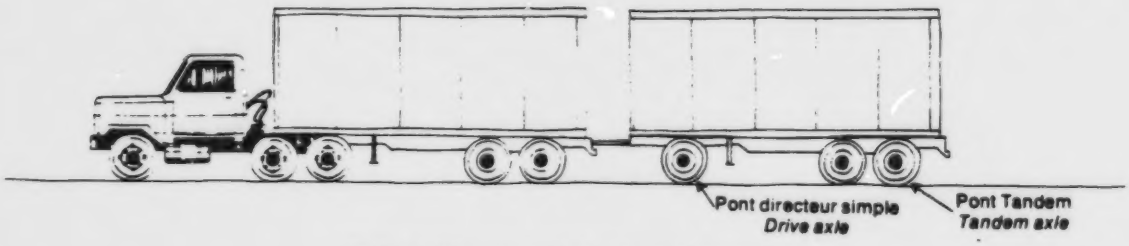
Context:
This can be achieved either by compacting and binding bundles of tree sections prior to loading or by compacting the entire load in conjunction with loading the haulage rigs (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 6).

NOTE:
Depending on the type of trailer or semi-trailer, the hauling rig would specialize in hauling whole stems, logs, stumps or chips, or even stump or chip containers.

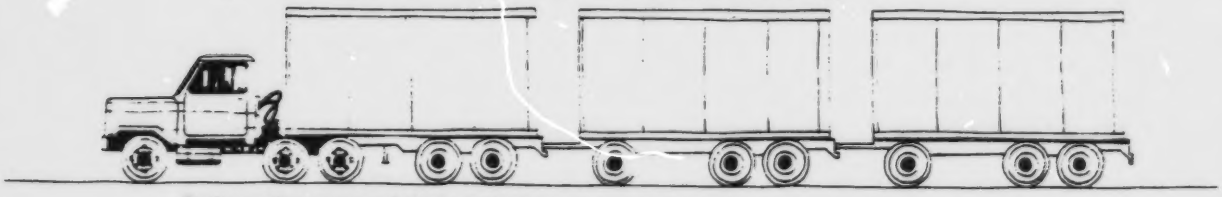
ILLUSTRATION:



Train routier composé de 1 semi-remorque et de 1 remorque à pont directeur avant Tandem
Hauling rig with 1 semi-trailer and 1 trailer with tandem drive axle



Train routier composé de 1 semi-remorque et de 1 remorque à pont directeur simple
Hauling rig with 1 semi-trailer and 1 trailer with drive axle



Train routier composé de 1 semi-remorque et de 2 remorques à pont directeur simple
Hauling rig with 1 semi-trailer and 2 trailers with drive axle

0. REMORQUE À COPEAUX, n.m.

Définition:
Remorque ou semi-remorque, conçue pour le transport des copeaux.

CHIP VAN
syn. WOODCHIP TRAILER
abbr. CHIP TRAILER

Definition:
Trailer or semi-trailer designed to haul chips.

Contexte:
La nouvelle remorque à copeaux Manac est la plus légère sur le marché. Elle est fabriquée de panneaux de fibre de verre et son profil est aérodynamique, réduisant ainsi la consommation de carburant (Opérations forestières et de scierie, vol. 17, n° 3, mars 1982, p. 13).

Context:
1. Chips are discharged into a chip van or may be discharged on the landing for storage (D.L. Sirois, A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, 1981, p. 182).

2. [Under illustration] "B-train" woodchip trailers, designed for simultaneous unloading (Rodech Products Inc., "B-Train" Woodchip Trailers).

NOTE:
1. Le terme remorque est un terme général qui désigne parfois indifféremment une remorque au sens strict (les essieux supportent le chargement entier) et une semi-remorque (la partie avant du chargement est supportée par le camion-tracteur).

2. Le chargement des remorques ou semi-remorques à copeaux peut se faire au moyen de bennes élévatrices, ou encore par soufflage directement de la déchiqueteuse, ou enfin par aspiration à l'aide d'un boyau. Quant au déchargement, il se fait, soit à l'aide d'un fond mouvant, soit par basculement (arrière ou latéral), ou par soufflage.

3. Une remorque conçue pour le transport des souches peut être désignée par le terme remorque à souches. Ces remorques sont de deux types: à côté escamotable ou à basculement latéral.

Voir aussi:
TRAIN ROUTIER, 99.

NOTE:
1. The term trailer is general and does not differentiate between a trailer (the axles supporting the whole load) and a semi-trailer (the front end part of the trailer load being supported by the truck-tractor).

2. Chip trailers and semi-trailers can be loaded with high-tilting bins, direct blowing from the chipper, or by suction with a hose. Unloading is done with a moving floor, or by side or rear-dumping, or by blowing.

3. A trailer designed for stump hauling may be designated as a stump trailer. These trailers are of two types: with removable side, or side-dumping.

See also:
HAULING RIG, 99.

101. CONTENEUR, n.m.

Définition:
Caisse en acier de dimensions normalisées utilisée pour le transport en vrac des copeaux, principalement à l'aide de semi-remorques.

CONTAINER

Definition:
Standardized steel box used for bulk transportation of chips, primarily with semi-trailers.

Contexte:
Le chargement de ces conteneurs sur le véhicule en assurant le transport ainsi que leur déchargement sont réalisés à l'aide de systèmes de bras à commande hydraulique ou par plateforme inclinable, voire par treuil (Étude générale R 339, dans Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 46, 3e trimestre 1982, p. 8).

NOTE:
L'avantage des conteneurs est qu'ils sont interchangeables. Ils peuvent donc être remplis et laissés, par exemple, en bordure de route, même pendant plusieurs jours, pour être ramassés au moment opportun et remplacés par des conteneurs vides. On évite ainsi bien des attentes. De plus, ils permettent de passer facilement d'un mode de transport à l'autre puisqu'ils peuvent être chargés tout aussi bien sur un porteur forestier, un camion, un train ou un bateau.

Context:
1. Container for woodchips and wood residues [sic], capacity of 3,400 Cu. Ft. (96 m^3) to adapt easily on all Rodech multi-purpose trailers (Rodech Products Inc., Container for Woodchips and Wood Residues).

2. Containers have to be located at the right places in sufficient numbers (Ekonomi, No. 3E, 1980, p. 3).

NOTE:
The use of containers is advantageous because they are interchangeable. For example they can be filled and left at roadside, for a period of several days, to be picked up when convenient and replaced by empty containers. Waiting time is thus reduced to a minimum. Furthermore, containers are versatile, in that they can be loaded on a forwarder, a truck, a train or a boat.

. SEMI-REMORQUE À FOND MOUVANT, n.f.
syn. SEMI-REMORQUE AUTO-DÉCHARGEUSE, n.f.

Définition:
Semi-remorque à copeaux munie d'un convoyeur à chaîne placé sur le plancher, qui permet de décharger les copeaux pendant que la remorque avance lentement.

Contexte:
1. [...] - matériel présenté: 1 semi-remorque à fond mouvant pour transport de plaquettes, sciures, déchets de bois, souches (Journées forestières C.T.B. 1982, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 45, 2e trimestre 1982, p. 42).

2. Une fois séchés, les copeaux sont repris à l'aide d'un godet monté à l'avant d'un tracteur et déposés dans une semi-remorque auto-déchargeuse.

SELF-UNLOADING SEMI-TRAILER

Definition:
Chip semi-trailer, equipped with a chain conveyor on the floor, that unloads while the trailer moves forward slowly.

NOTE:
Il existe également des remorques à fond mouvant.

NOTE:
Self-unloading trailers are also available.

103. SEMI-REMORQUE PORTE-CONTENEURS, n.f.

CONTAINER SEMI-TRAILER

Définition:
Semi-remorque à plate-forme ou à cadre porteur, aménagée pour le transport des conteneurs.

Definition:
Semi-trailer with a platform or an open frame to transport containers.

Contexte:
[...] - matériel présenté: Semi-remorque porte-conteneurs équipée avec un pont moteur hydraulique (Journées forestières C.T.B. 1982, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 45, 2e trimestre 1982, p. 43).

NOTE:
Il existe également des remorques porte-conteneurs.

NOTE:
Container trailers are also available.

104. FILET À COPEAUX, n.m.

CHIP NET

Définition:
Filet en matière synthétique usilisé pour retenir les copeaux légèrement pressés dans la remorque et faciliter leur transport.

Definition:
Net made of synthetic fiber, used to contain chips lightly compacted in the trailer to facilitate transport.

Contexte:
Divers: [...] Un filet à copeaux, nylon blanc et attaches (Industries Rodech inc., Rodech SRDC-4800).

105. DÉFLECTEUR AÉRODYNAMIQUE, n.m.
abrév. DÉFLECTEUR, n.m.

WIND DEFLECTOR
syn. AIR DEFLECTOR
AIR SHIELD

Définition:
Plaque profilée en acier ou en plastique, installée sur la cabine du camion ou à l'avant d'une semi-remorque pour réduire la traînée aérodynamique du véhicule de transport et la consommation de carburant.

Definition:
Streamlined plate, made of steel or plastic, mounted on a truck cab or attached to the front of a semi-trailer in order to reduce the vehicle air drag and fuel consumption.

Contexte:

1. Des essais en soufflerie ont permis d'évaluer l'économie en carburant résultant de l'emploi de déflecteurs aérodynamiques.

2. SRC-3750-3-4 / avec déflecteur, 3,850 pi. cu. (Industries Rodech inc., Semi-remorque à copeaux avec panneaux de FRP).

Context:

1. New: Cargo wind deflector exclusive to Rodech (Rodech Products Inc., FRP Wood Chip Trailer).

2. One of the most frequently thought of mileage stretchers is an air shield or wind deflector (Canadian Forest Industries, Vol. 100, No. 4, April 1980, p. 28).

2. Méthodes de transformation primaire de la biomasse forestière

2. Methods used for primary processing of forest biomass

2.1 Généralités

2.1 General

.06. COPEAU D'ARBRE ENTIER, n.m.
abrév. COPEAU, n.m.

Définition:
Particule de bois provenant, comme produit principal, du déchiquetage ou du broyage d'arbres qui n'ont pas encore été ébranchés, ni écimés, ni tronçonnés.

Contexte:
1. Les copeaux d'arbres entiers sont utilisés par plus de 100 usines de pâtes et de papiers à travers le monde pour la fabrication de presque toutes les catégories de papier (Morbark Industries Inc., Découpeuses Total Chiparvestor, p. 27).

2. Les résultats découlent du contrôle de la production de 400 tonnes de copeaux (Annales de mécanisation forestière 1977, 1978, p. 35).

NOTE:
1. Récemment le terme plaquette utilisé fréquemment comme synonyme de copeau est apparu dans la documentation française. Ce terme nouveau, qui n'a pas encore fait son apparition au Canada, est rejeté ici par la majorité des spécialistes qui n'en voient pas l'utilité et croient qu'il devrait plutôt être réservé pour désigner un morceau de bois plus gros et de forme plus régulière qu'un copeau.

2. Le terme plaquette verte est employé en France pour désigner les copeaux provenant du déchiquetage de la totalité de la partie aérienne de l'arbre: tige, écorce, branches et feuillage; le terme plaquette grise désigne les copeaux provenant du

WHOLE TREE CHIP
syn. TOTAL CHIP
abbr. CHIP

Definition:
Wood particle obtained, as the main product, from the chipping or shredding of whole trees that have not been delimbed, topped, or slashed.

Context:
Improvements in whole tree harvesting and chip screening techniques, as well as rising fuel costs, have made whole tree chips attractive for many uses (Pulp and Paper, Vol. 79, No. 6, June 1978, p. 92).

NOTE:
1. Recently, the French term plaquette has appeared in French literature as a synonym of copeau. This new term, not in use in Canada, has been rejected here by a majority of specialists who are of the opinion that this word should be reserved for larger pieces of wood.

2. The term plaquette verte (green chip) is used in France to designate chips obtained by chipping the complete aerial part of the tree: stem, bark, branches and leaves (whole tree chips); the term plaquette grise (grey chip) applies to chips produced by chipping

déchiquetage de troncs non écorcés; et le terme plaquette blanche ceux qui sont obtenus à partir de bois écorcé. On pourrait dire que les plaquettes vertes correspondent à des copeaux d'arbres entiers, les plaquettes grises à des copeaux de troncs entiers et les plaquettes blanches à des copeaux de bois écorcé.

unbarked stems (whole stem chips); and the term plaquette blanche (white chip) is used for chips obtained from barked wood (barked wood chips).

Le plus souvent, on ne retrouve pas en forêt de copeaux de bois écorcé. Ceux-ci sont surtout produits en scierie. On trouvera par contre des copeaux de troncs ou d'arbres entiers qui, selon le pourcentage d'écorce, de branches, de feuillage et de saletés qu'ils contiennent, pourront servir à différents usages.

Usually chips made from barked wood are not produced in the forest but at the sawmill. However chips from whole trees and whole stems may be produced in the forest, to be utilized in various ways depending on the percentage of bark, branches, leaves and dirt they contained.

3. Le terme chip sert d'abréviation aussi bien pour whole tree chip que pour total chip.

3. The term chip is used as an abbreviation for whole tree chip and total chip.

107. FRAGMENT, n.m.

Définition:
Morceau de bois, souvent de forme parallélépipédique, provenant surtout de la fragmentation des souches et des troncs d'arbres, ayant des dimensions supérieures à celles des copeaux de papeterie et utilisé pour la production d'énergie.

Contexte:
Ces fragments ne sont toutefois pas encore aptes à servir tels quels dans l'industrie des pâtes et papiers ou pour divers types de panneaux agglomérés; ils devront probablement subir une deuxième transformation avant d'être utilisés pour la production éventuelle d'énergie ou comme sous-produits (Opérations forestières et de scierie, vol. 17, n° 11, novembre 1982, p. 9).

CHUNK
syn. CHUNKWOOD

Definition:
Large wood particle, often having a parallelepipedic shape, obtained by the fractioning of stumps and tree stems, and used for energy conversion.

Context:
We present a new concept for comminuting wood into chunks and suggest that chunkwood offers advantages over chips (Forest Products Journal, Vol. 33, No. 7/8, July-August 1983, p. 43).

NOTE:
Les fragments obtenus seront plus ou moins réguliers selon l'outil de fragmentation employé, selon le matériau fragmenté, selon le mode et la vitesse d'alimentation. Ainsi, la fragmenteuse à disque et la fragmenteuse à vis, alimentées de billes ou d'arbres de faible diamètre, couperont l'arbre ou la bille en tranches régulières (plus ou moins épaisses selon la vitesse d'amenée) qui se cliveront en suivant les fibres du bois, d'où la production de fragments de forme parallélépipédique. La fragmenteuse à presse, au contraire, séparera les souches ou les résidus d'exploitation en morceaux de grosseur et de forme irrégulières.

NOTE:
The chunks are more or less uniform, depending on the fractioning tool, on the material being fragmented and on the feeding method and speed. The involuted disc chunker and the spiral-head chunker, fed with logs or small size trees, will cut them into regular slices (thickness depending on feeding speed) and subsequently the wood fibers cleave to form parallelepipedic chunks. The press chunker will cut stumps or residues into irregular pieces in size and shape.

08. COPEAU DE PAPETERIE, n.m.
syn. COPEAU À PÂTE, n.m.

Définition:
Copeau provenant du déchiquetage de billes, de troncs d'arbres et d'arbres entiers, et destiné à la production de pâte à papier.

Contexte:
1. Les calculs indiquent que le cisaillement des résidus et leur compactage en balles de un mètre cube ne demandent environ que le quart de l'énergie nécessaire pour les déchiqueter en copeaux de papeterie de 2.5 cm de longueur (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, Summary).

2. Bien plus, la vente seule des copeaux à pâte représente jusqu'à 30% du chiffre d'affaires d'une usine de sciage de résineux: on ne parle plus de résidus (Au fil du bois, vol. 9, n° 5, août-septembre 1983, p. 3).

PULP CHIP
syn. INDUSTRY CHIP

Definition:
Chips obtained by the chipping of logs, stems and whole trees utilized in pulp production.

Context:
1. Manufacturers of this type of equipment have found that typical pulp chips provide the proper trade-off between bulk density and resistance to air flow (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-1).

2. Three machine designs are available, with mechanically or hydraulically powered infeed and with discs for either fuel or industry chips (Bruks Mekaniska AB, Chips. Catalogue Showing Equipment and Machines for Chip Production, p. 12).

NOTE:
Dans l'industrie des pâtes et papiers, les copeaux qui servent à la fabrication de la pâte doivent répondre à certaines normes fixées par l'industrie quant à leurs dimensions et quant au pourcentage d'écorce ou de saletés qu'ils contiennent. Ces normes varient selon l'utilisateur. Avec le temps, elles ont tendance à devenir moins rigides de façon à tenir compte des pénuries de bois comme des progrès de la technologie. Ces copeaux sont aussi ceux qui servent à la fabrication de divers types d'agglomérés.

NOTE:
The pulp and paper industry sets the standards which determine chip size, allowable percentage of bark and debris content, used in the production of pulp. These standards may vary according to the user. The trend is towards less rigid standards taking into account shortages of wood and new technology. Pulp chips are also used for various types of particle board.

109. COPEAU ÉNERGÉTIQUE, n.m.
syn. COPEAU D'ÉNERGIE, n.m.

Définition:
Copeau de forme et de dimensions variables, provenant du déchiquetage ou du broyage de broussailles et de résidus d'exploitation et destiné surtout à la production d'énergie.

Contexte:
1. Les copeaux énergétiques sont ensuite mélangés avec les écorces provenant de l'écorçage des bois ronds, avant d'entrer sur le convoyeur qui alimente la chaudière.

2. L'exploitation de la biomasse dans les forêts dégradées du Québec méridional, en vue de produire des copeaux d'énergie (ou des copeaux à pâte avec écorce) n'a encore que peu d'importance et les quelques projets en cours s'intègrent précisément dans des programmes de remise en valeur des aires ainsi exploitées (Forêt Conservation, vol. 49, nº 6, octobre 1982, p. 32).

FUEL CHIP
syn. HOG FUEL

Definition:
Particles of various shapes and sizes, obtained by the chipping or shredding of slash and logging residue, to be used particularly for energy conversion.

Context:
1. The fuel chips obtained do not require any additional reprocessing, such as screening or rechipping: they can be used in the boiler as produced (L.F. Antezana, The California Orchards Residuals Disposal Experience, p. 5).

2. It is also possible to mount a fan on the shaft beside the flywheel to blow hog fuel onto an elevated conveyor (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-30).

NOTE:
Étant donné leur provenance (broussailles et résidus d'exploitation), les copeaux énergétiques ne répondent pas généralement aux normes de l'industrie pour les copeaux de papeterie. Leur forme irrégulière et le haut pourcentage d'écorce et de saletés qu'ils peuvent contenir ne permettent donc pas, dans l'état actuel de la technologie, de les utiliser pour la fabrication du papier. Ils serviront donc principalement à la production d'énergie, soit par combustion directe, soit par gazéification ou par hydrolyse, ou encore à d'autres usages tels que litières d'animaux, protéines, huiles essentielles, produits chimiques, etc.

NOTE:
Because of their origin (slash and logging residue), fuel chips usually do not satisfy the required industry standards. Having an irregular shape and a high percentage of bark and debris, they cannot be used for paper making in the present state of technology. They will be used mainly for conversion into energy, either by direct combustion, gasification or hydrolysis, or for various products such as animal litter, proteins, essential oils, chemical products, etc.

. BOIS DÉFIBRÉ, n.m., terme prop.
syn. ÉCLISSE, n.f., terme prop.

Définition:
Matière ligneuse dont les fibres ont été séparées lors du traitement d'un tronc d'arbre par un défibreur.

SLIVER-LIKE PARTICLE

Definition:
Ligneous matter obtained by separating the fibers of a tree stem with a crushing machine.

Context:
A roll crusher such as the concept illustrated in Figure 16 could be used to produce long sliver-like particles by splitting or cleaving material fed to it in a manner similar to a chipper (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 23).

. MULCH, n.m., terme prop.

Définition:
Matériau organique constitué de feuilles, sciure de bois, paille, résidus d'exploitation, qui sont broyés et épandus à la surface du sol pour conserver l'humidité, limiter le développement des mauvaises herbes et contrôler l'érosion.

MULCH

Definition:
Organic matter consisting of leaves, sawdust, straw and logging residue, that is hogged and scattered on the surface of the ground, to maintain humidity, limit weed growth and control erosion.

NOTE:
Le terme mulch figure également dans la Terminologie forestière de A. Métro mais dans un contexte un peu différent de la biomasse forestière.

Context:
Once solved, this fiber source now being left in the ground may be utilized for paper making, fuel or possibly mulch (Technical Release, 74-R-23, August 1974, p. 4).

NOTE:
The term mulch is also mentioned in the Terminology of Forest Science, Technology, Practice and Products, but in a different context.

2.2 Machines servant à cette transformation

2.2.1 Fragmenteurs

. FRAGMENTEUR, n.m., terme prop.

Définition:
Mécanisme servant à couper les troncs d'arbres ou les souches en copeaux grossiers ou fragments.

NOTE:
L'avantage qu'offrent ces machines vient de ce que l'énergie nécessaire pour réduire le bois en fragments ne représente environ que le tiers de l'énergie requise pour le réduire en copeaux.

2.2 Primary processing machines

2.2.1 Chunking machines

CHUNKWOOD PROCESSOR
syn. CHUNKWOOD CHIPPER
WOOD CHUNKER
CHUNKING MACHINE

Definition:
Mechanism used to cut stumps or tree stems into large chips or chunks.

Context:
1. In the past, the development of chunkwood processors was plagued by high impact loading problems associated with using either disc or drum chipper technology to form large chips (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 14).

2. Our wood chunker was specifically designed for controlled laboratory testing to reduce roundwood bolts up to about 9 inches in diameter into chunks (Forest Products Journal, Vol. 33, No. 7/8, July-August 1983, p. 44).

3. A 175-horsepower diesel engine provided power to operate the chunking machine (Forest Products Journal, Vol. 33, No. 7/8, July-August 1983, p. 44).

NOTE:
These machines are advantageous in that the energy required for reducing wood into chunks represents only a third of the energy required for chipping.

113. FRAGMENTEUR À PRESSE, n.m.

Définition:
Fragmenteur utilisant une presse pour faire passer les troncs, souches ou résidus d'exploitation à travers une série de couteaux ou de barres qui les réduisent en fragments irréguliers.

Contexte:
Les morceaux de souche qui sortent du fragmenteur à presse tombent dans un convoyeur qui les dirige vers la benne d'un camion.

NOTE:
La fragmenteuse de souches construite par la compagnie finlandaise Konekemia nous fournit un exemple de fragmenteur à presse.

CHUNKWOOD PRESS
syn. PRESS CHUNKER

Definition:
Chunking machine using a press to force stems, stumps or logging residue through a series of knives or bars that will reduce them into chunks.

NOTE:
The stump processor built by the Finnish company Konekemia is an example of a chunkwood press.

114. FRAGMENTEUR À DISQUE, n.m., terme prop.

Définition:
Fragmenteur de construction similaire à celle du déchiqueteur à disque, mais comportant des couteaux droits ou incurvés qui déchiquettent l'arbre alors que celui-ci se déplace parallèlement à la face du disque.

NOTE:
1. Le fragmenteur à disque est conçu pour travailler avec des arbres de faible diamètre ou avec des résidus. Les fragments qu'il produit sont de forme parallélépipédique. Il lui serait possible, en variant la vitesse d'amenée ou la vitesse de rotation du disque, de produire des copeaux de papeterie.

INVOLUTED DISC CHIPPER
syn. DISC CHUNKER

Definition:
Chunker similar to the disc chipper, but equipped with straight or curved knives that cut the tree while it is moving in a direction parallel to the disc surface.

Context:
Presumably the advantage measured for the involuted disc chipper would be partially lost if the diameter of the chipped material was increased without a proportionate increase in length (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 17).

NOTE:
1. The disc chunker is designed to work with small diameter trees or residue. It produces parallelepipedic chunks. With lower feeding speed or higher disc speed, it could possibly produce pulp chips.

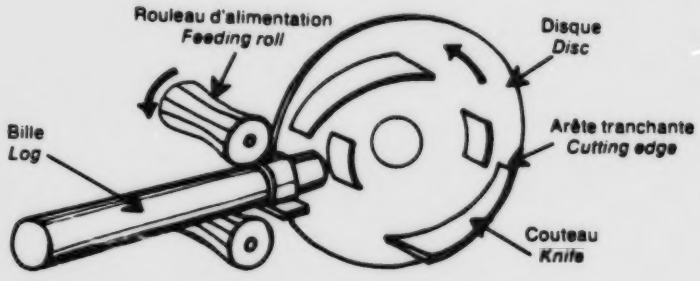
2. Comme exemple de fragmenteur à disque, on peut mentionner la machine connue sous le nom commercial de Involuted Disk Slicer.

Voir aussi:
DÉCHIQUETEUR À DISQUE, 116.

ILLUSTRATION:

2. The machine known as the Involuted Disc Slicer is an example of a disc chunker.

See also:
DISC CHIPPER, 116.



5. FRAGMENTEUR À VIS, n.m., terme prop.

Définition:
Fragmenteur utilisant une vis conique pour transformer les arbres de faible diamètre en fragments.

NOTE:
Parmi les machines de ce type, mentionnons le Kopo Hogger PH-10.

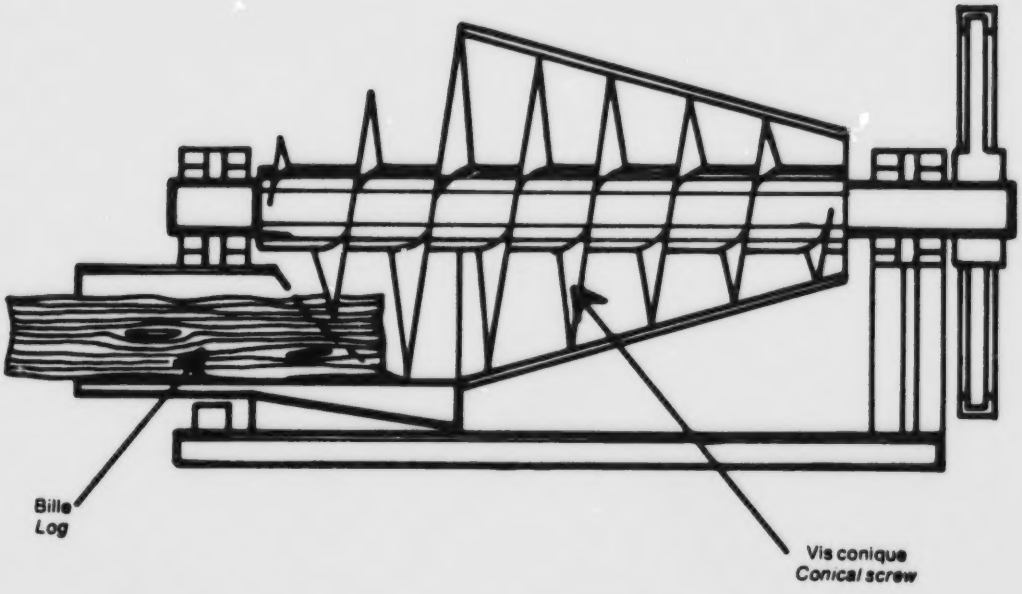
SPIRAL-HEAD CHUNKER
syn. SPIRAL-HEAD CHIPPER

Definition:
Chunker utilizing a conical screw to reduce small diameter trees into chunks.

Context:
The spiral-head chipper with its low angle of attack partially solves this problem (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 14).

NOTE:
The Kopo Hogger PH-10 is an example of this type of machine.

ILLUSTRATION:



2.2.2 Déchiqueteurs

116. DÉCHIQUETEUR, n.m.

Définition:
Mécanisme de déchiquetage constitué d'un contre-outil et d'un disque ou cylindre tournant à haute vitesse, utilisé surtout pour la production de copeaux de papeterie.

Contexte:
Près de 95 pour cent des machines vendues sont dotées d'un déchiqueteur dont le disque porte 3 couteaux.

NOTE:
1. L'anglais ne distingue pas toujours le mécanisme de déchiquetage (déchiqueteur) lui-même de la machine qui comporte ce mécanisme (déchiqueteuse), les deux étant désignés par le terme chipper. Nous croyons toutefois utile de conserver cette distinction en français.

2. La différence entre déchiqueteur et broyeur peut paraître difficile à cerner. En effet, alors que l'outil qui utilise le broyeur ne permet jamais d'obtenir des copeaux suffisamment réguliers pour la pâte, le déchiqueteur peut produire des copeaux à pâte ou des copeaux énergétiques selon la nature des matériaux fournis (troncs ou grosses branches avec peu de feuillage dans le premier cas, branchages et broussailles dans le deuxième cas).

2.2.2 Chippers

CHIPPER UNIT
abbr. CHIPPER

Definition:
Chipping mechanism using an anvil and a disc or cylinder rotating at high speed, mainly used to process trees into pulp chips.

Context:
The hood covering the chipper opens hydraulically, making it easy to change the chipper knives and to perform other chipper maintenance (Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, p. 12).

NOTE:
1. Frequently, in the use of technical terms, the same word (chipper) applies to the chipping mechanism and to the machine on which the mechanism is mounted. A distinction is made in French between the mechanism (déchiqueteur) and the machine (déchiqueteuse).

2. It might appear difficult to differentiate between a hogger and a chipper. A hogger does not produce chips that are regular or clean enough for pulp, whereas the chipper can produce pulp or fuel chips depending on the nature of fed material (stems or big branches with very few leaves in the first case, slash and small branches in the second).

117. DÉCHIQUETEUR À DISQUE, n.m.

Définition:
Déchiqueteur dont le mécanisme comporte un disque muni de couteaux radiaux, d'un contre-outil et de palettes d'éjection des copeaux.

Contexte:
Pour effectuer le déchiquetage en forêt, les exploitants utilisent principalement des déchiqueteurs à disque.

ILLUSTRATION:
Voir DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46.

DISC CHIPPER

Definition:
Chipping mechanism consisting of a disc equipped with radial knives, an anvil and blades to eject pulp chips.

Context:
Disc chippers are composed of knife blades inserted in discs which usually rotate at speeds between 400 and 600 rpm (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-2).

ILLUSTRATION:
See WHOLE TREE CHIPPER, 46.

118. DÉCHIQUETEUR À TAMBOUR, n.m.

Définition:
Déchiqueteur utilisant un cylindre ou un tambour sur lequel sont montés des couteaux axiaux profilés pour la mise en copeaux et l'éjection de ceux-ci.

Contexte:
En pratique, le déchiqueteur à tambour sert surtout au déchiquetage des déchets de scierie.

DRUM CHIPPER
syn. DRUM TYPE CHIPPER

Definition:
Chipper, utilizing a cylinder or a drum on which profiled knives are mounted for tree chipping and ejection of chips.

Context:
Drum chippers require less power per unit of wood chipped than disc chippers when operating at low capacity capabilities (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-4).

2.2.3. BROYEURS

. BROYEUR, n.m.

Définition:
Mécanisme de broyage servant à transformer les résidus forestiers en copeaux énergétiques.

Contexte:
Ce matériel est constitué principalement:
. D'un broyeur ayant les caractéristiques suivantes:
- Diamètre du rotor: 920 mm
- Longueur du rotor: 1200 mm
- Nombre de supports de couteaux: 2
- Nombre de marteaux par support: 18
- Section d'alimentation: 1200x600 mm

. D'une grue hydraulique de manutention Cranab 7010 (couple de levage 7 t.m.) avec un rotator à rotation continue. [..,] (Elmia Wood 1983), dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 50, 3 trimestre 1983, p. 17).

2.2.3. SHREDDERS

SHREDDER
syn. HOG MACHINE
HOGGING MACHINE
HOGGER
HOG MILL
abbr. HOG

Definition:
Shredding mechanism used to process logging residue into fuel chips.

Context:
1. Hog machines are essentially sets of hammer teeth or knives mounted on a rapidly rotating shaft (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-28).

2. Most hogging machines, except for shredders, discharge the hogged materials by gravity through screens located under the hammer or knife arc (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-30).

3. Nearly all hogs are fed vertically by gravity (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-29).

NOTE:
Le terme anglais hog sert d'abréviation aussi bien pour hog machine que pour hog mill.

120. BROYEUR À TAMBOUR, n.m., terme prop.

Définition:
Broyeur qui utilise un tambour muni de couteaux et un contre-outil pour transformer les résidus forestiers en copeaux énergétiques.

121. BROYEUR À MARTEAUX, n.m.

Définition:
Broyeur qui utilise des marteaux fixes ou articulés montés sur un rotor pour transformer les résidus forestiers en copeaux énergétiques.

Contexte:
Selon le constructeur, la capacité de production du broyeur à marteaux constitué de 32 marteaux disposés sur les quatre supports du rotor serait comprise entre 40 et 120 m^3/h (Elmia Wood 1983, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 50, 3e trimestre 1983, p. 13).

4. Its sensitivity to dirt in the residue material indicates that other alternatives, such as mobile shredders or hog mills, should be evaluated (L.H. Powell, Mobile Chipper Study: Processing Logging Residue for Energy Biomass, 1982, p. S-2).

NOTE:
The English term hog is used as an abbreviation for hog machine and hog mill.

KNIFE HOG

Definition:
Hogger, utilizing a drum, equipped with knives and anvil to transform logging residue into fuel chips.

Context:
In knife hogs the sharp leading edge of the knife cuts into the wood and back against a primary anvil (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-28).

HAMMER HOG
syn. HAMMER HOGGER
HAMMERMILL
var. HAMMER MILL

Definition:
Hogger utilizing fixed or pivoting hammers mounted on a rotor, to process logging residue into fuel chips.

Context:
1. Figure 8-11 shows that hammer hogs require more horsepower than either knife hogs or bark shredders (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-38).

2. It is essentially a hammermill without a sizing grate (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 18).

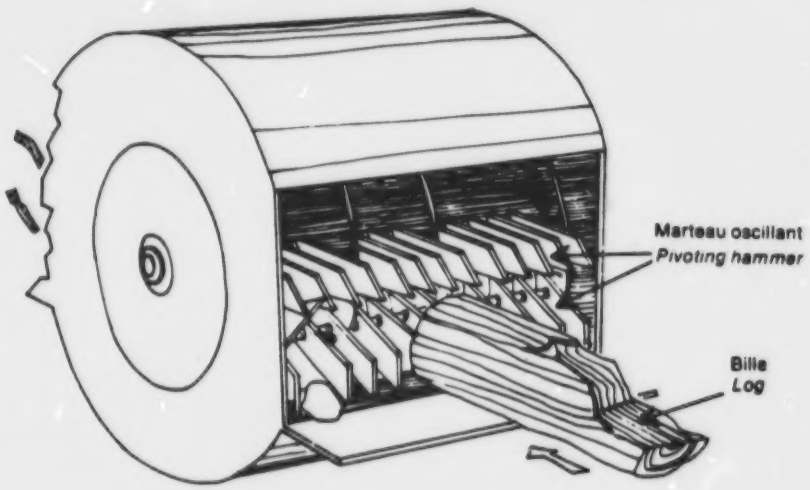
NOTE:
1. Le broyeur à marteaux connu sous le nom de hammermill s'attaque généralement à des matériaux déjà broyés pour les réduire en particules encore plus fines.

2. Il existe deux sortes de broyeurs à marteaux qu'on appelle broyeur à marteaux fixes et broyeur à marteaux oscillants ou articulés.

ILLUSTRATION:

NOTE:
1. The hammer hog, known as a hammermill, generally works on previously shredded material reducing it to even finer particles.

2. There are two types of hammer hogs: a fixed hammer hog and a swing or pivoted hammer hog.



. BROYEUR À ROULEAUX, n.m., terme prop.

Définition:
Broyeur constitué de deux rouleaux comportant des dents ou des marteaux, qui tournent en sens inverse l'un de l'autre et transforment les résidus d'exploitation en copeaux énergétiques.

ROLL HOG
syn. SHREDDER

Definition:
Hogger composed of two rolls equipped with teeth or hammers, turning in opposite directions to process logging residue into fuel chips.

Context:
After several phases of handling, the slash contains too much dirt, stones and other contaminants for processing by conventional chippers. Hammer mills, shredders or other crushing devices must be used (Results, No. 3, 1982).

123. GRILLE DE RECOUPE, n.f., terme prop.
syn. GRILLE DE RECYCLAGE, n.f.

Définition:
Grille recourbée montée en arrière du cylindre ou du tambour de déchiquetage et à travers laquelle les gros copeaux sont forcés de passer pour être réduits en copeaux plus petits.

Contexte:
De toute façon, si l'on veut obtenir des plaquettes régulières, il est indispensable d'avoir une coupeuse à tambour munie d'une grille de recyclage (Annales de mécanisation forestière 1981, 1982, p. 137).

NOTE:
Le terme grille de recyclage, trouvé dans la documentation, nous semble moins approprié que grille de recoupe, puisque l'opération est continue et simultanée, les copeaux trop gros n'étant pas repris pour être traités séparément.

SIZING GRATE
syn. CHIP SIZING SCREEN

Definition:
Curved grate mounted behind the chipping drum or cylinder, through which oversized chips are forced and reduced into smaller chips.

Context:
1. The SWD processing concept is illustrated in Figure 12. It is essentially a hammermill without a sizing grate (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 18).

2. The underside surface drum enclosure is made up of chip sizing screen that works as a multiple anvil (L.F. Antezana, The California Orchards Residuals Disposal Experience, p. 3).

NOTE:
The term grille de recyclage appears to be less appropriate than grille de recoupe, since the operation is continuous and simultaneous and larger chips are not treated separately.

124. BROYEUR-AFFINEUR, n.m.

Définition:
Broyeur à disque ou à tambour de faible capacité qui permet de réduire à nouveau les copeaux de dimensions trop fortes.

Contexte:
Broyeurs-affineurs. Ce type de matériel permet de transformer les éléments obtenus après un passage dans une découpeuse en éléments homogènes de taille inférieure (Utilisation du tracteur agricole en forêt, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 45, 2e trimestre 1982, p. 19).

RECHIPPER

Definition:
Low capacity disc or drum chipper, used for further fractioning of oversized chips.

Context:
Rechippers are small capacity disc or drum chippers which are used to further reduce chips which are oversized (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-5).

25. BROYEUR À ÉCORCES, n.m.

Définition:
Broyeur à marteaux conçu pour le broyage des écorces.

Contexte:
Le nouveau broyeur à écorces présenté par ce constructeur permet de broyer finement les écorces sans problèmes même en cas d'humidité prononcée (Revue du bois et de ses applications, novembre 1981, p. 49).

BARK SHREDDER

Definition:
Hammer hog designed to shred bark.

Context:
The lighter duty bark shredders are the least expensive units because of their lighter construction and simplicity (B.H. Levelton, Wood Waste Fuels Preparation and Handling, 1982, p. 8-29).

2.2.4. DÉFIBREURS

126. DÉFIBREUR, n.m.

Définition:
Mécanisme qui sépare le bois en fibres par compression tout en le débarrassant d'une partie de l'eau qu'il contient.

Contexte:
Un prototype expérimental fut construit au printemps de 1981 et les essais se poursuivent présentement dans le but de: [...] - étudier l'effet de variables telles que essence, forme et dimensions des matériaux sur le comportement du défibreur (FERIC, Rapport annuel 1981, 1982, p. 9).

127. DÉFIBREUR À ROULEAU, n.m., terme prop.

Définition:
Défibreur constitué d'un ou de deux rouleaux qui écrasent les troncs d'arbres par compression pour séparer les fibres du bois.

2.2.4. CRUSHING MACHINES

CRUSHING MACHINE
syn. CRUSHER
FIBERIZER

Definition:
Mechanism separating wood fibers by compression and at the same time removing some of the water content.

Context:
1. Crushing machines are available in a wide variety of shapes and sizes (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 22).

2. Whatever the advantages between the types of crushers, they are at present seldom applied to comminuting biomass (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 23).

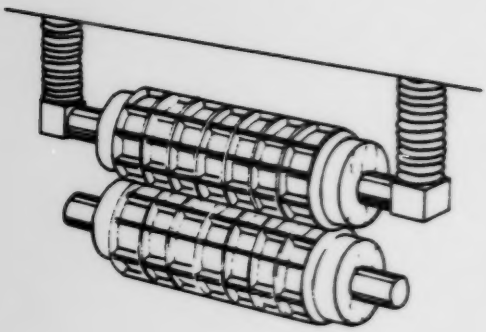
3. The T.V.A. Fiberizer uses opposing buttress threads to split, cleave and tear wood apart while applying a crushing force of roughly 42,000 kg (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 26).

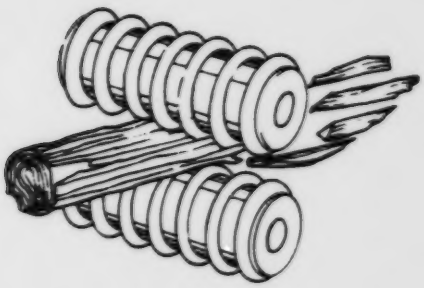
ROLL CRUSHER
syn. ROLL SPLITTER

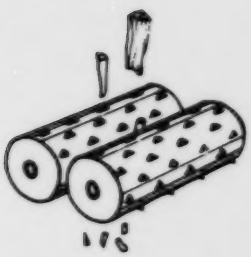
Definition:
Crushing machine, composed of one or two rolls, using compression to crush the tree stems and separate the wood fibers.

Context:
Roll crushers can be single or double roll machines and the principle of operation is obvious (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 22).

ILLUSTRATION:







Divers types de rouleaux défibreurs
Various types of crushing rolls

18. DÉFIBREUR À MÂCHOIRES, n.m., terme prop.

Définition:
Défibreur formé de deux plateaux à angle aigu dont l'un est oscillant et qui travaille à la manière d'un casse-noix pour écraser les troncs d'arbres.

JAW CRUSHER

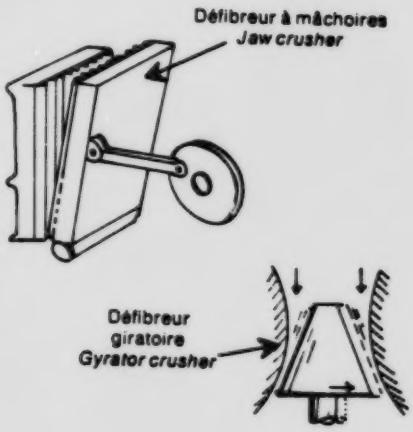
Definition:
Crushing machine, composed of two plates meeting at an acute angle, one of which pivots, opening and closing alternately, while crushing tree stems.

Context:
The jaw crusher, as its name suggests, consists of two plates at an acute angle which open and close like an animal's jaws. At least one plate is pivoted so that it swings relative to the other (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 22).

NOTE:
Le défibreur à mâchoires et le défibreur giratoire ne sont à l'heure actuelle que des essais d'adaptation du principe du concasseur à mâchoires et du concasseur giratoire que l'on retrouve dans l'exploitation minière.

ILLUSTRATION:

NOTE:
At present, the jaw crusher and gyrator crusher are in the experimental stage and are being adapted to forestry needs from machines already in use in the mining industry.



129. DÉFIBREUR GIRATOIRE, n.m., terme prop.

Définition:
Défibreur constitué d'un cône animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe excentré, à l'intérieur d'une cuve contre les parois de laquelle il écrase les troncs d'arbres.

ILLUSTRATION:
Voir DÉFIBREUR À MÂCHOIRES, 128.

GYRATOR CRUSHER

Definition:
Crusher containing a cone which rotates excentrically within a sleeve, compressing the material against the walls.

Context:
Gyrator (cone) crushers resemble jaw crushers in principle. A solid central cone rotates excentrically within a stationary sleeve so that material is alternately compressed and released, eventually exiting at the bottom of the mill (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 22).

ILLUSTRATION:
See JAW CRUSHER, 128.

2.2.5. DÉBROUSSAILLEUSES

130. DÉBROUSSAILLEUSE, n.f.

Définition:
Machine comportant des couteaux oscillants montés sur un axe horizontal ou vertical, pour couper ou hacher les résidus de coupe tels que broussailles, arbustes et petites branches.

Contexte:
Les débroussailleuses pouvaient couper des tiges dont le diamètre allait jusqu'à 8 cm, sur une bande d'environ 2 m de largeur.

2.2.5. SLASH CUTTERS

SLASH CUTTER
syn. SLASH CUTTING MACHINE
MULCHING MACHINE

Definition:
Machine consisting of pivoting knives mounted on a horizontal or vertical axis to cut or chop logging residue, such as slash, shrubs and small branches.

Context:
1. Slash cutters are really only impact machines without any housing to restrict their distribution of processed material or anvils against which the material is worked (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 20).

2. Slash cutting machines, such as the horizontal and vertical axis types illustrated in Fugure 13, are used in land clearing and site preparation operations to reduce fallen and standing timber to a mulch (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 20).

3. As this mobile mulching machine slowly traverses the acreage, hogged material would be collected from the cutterhead and delivered via belt to spaced planting beds about 60 cm in width and perhaps 5 to 7 cm in depth (Transactions of the ASAE, Vol. 20, No. 1, January-February 1977, p. 13).

NOTE:

1. La débroussailleuse ne récolte pas les déchets; elle les broie et les répand sur le sol en couche uniforme ou en andains. Rien ne s'opposerait toutefois à ce qu'on se serve du principe des débroussailleuses pour concevoir une machine de récolte. Par contre, elle ne peut pas broyer les troncs et les grosses branches.

2. Outre les petites débroussailleuses manuelles qui, le plus souvent, ne servent qu'à couper les broussailles et à les rejeter au sol, il existe trois sortes de débroussailleuses qui peuvent être montées sur des tracteurs agricoles et dont seules les deux premières nous intéressent ici. Il s'agit de: 1) la débroussailleuse à axe vertical, de conception plutôt simple et accomplissant un travail grossier; la partie tranchante en rotation rejette les déchets au sol à mesure et il serait difficile de songer à les ramasser; 2) la débroussailleuse à axe horizontal, sorte de tambour rotatif muni de marteaux qui en tournant broient la végétation. Le produit obtenu est assez fin et on peut facilement trouver le moyen d'en orienter la direction de chute et de le ramasser. Le troisième type est constitué par de lourds rouleaux débroussailleurs qui tranchent la végétation et l'enfoncent dans le sol.

3. Les débroussailleuses à axe vertical et à axe horizontal sont souvent désignées par les termes broyeur à axe vertical et broyeur à axe horizontal.

NOTE:

1. Logging residue is not harvested with the slash cutter, but shredded and spread over the ground to form a uniform layer or swaths. However, it might eventually be possible to use the slash cutter principle to develop a harvesting machine. The slash cutter does not have the capacity to shred stems and large branches.

2. In addition to small manual slash cutters, which are used most frequently for trimming brush which is rejected on the ground, there are three types of slash cutting machines that can be mounted on farm tractors. The first two are of interest in the context of biomass. These are: 1) the vertical axis slash cutter, a simple design for rough work having a rotating cutter which rejects debris on the ground where it would be difficult to collect; 2) the horizontal axis slash cutter, a rotative drum, equipped with hammers that shred vegetation while rotating. The product obtained is very small and methods could be developed to guide the direction of fall for subsequent collection. The third type is comprised of heavy rolls that cut vegetation and bury it in the ground.

3. Vertical and horizontal slash cutters are often designated by the terms broyeur à axe vertical and broyeur à axe horizontal.

1. DÉBROUSSAILLEUSE À FLÉAUX, n.f.
syn. BROYEUR À FLÉAUX, n.m.

Définition:
Débroussailleuse à axe horizontal qui utilise des fléaux oscillants montés sur un rotor horizontal pour hacher les résidus au sol de même que les petits arbres ou arbustes laissés debout sur le parterre de coupe et qui disperse le matériel déchiqueté sur le terrain.

Contexte:
1. Au cours de l'expérience, la débroussailleuse à fléaux produisait des fragments dont la longueur ne dépassait pas 15 cm.

2. En plus des résidus au sol, le broyeur à fléaux proposé devrait être capable de réduire en mulch les petits arbres encore debout.

NOTE:
On trouve un exemple de cette machine avec le "Stirrup Hog" qui possède des fléaux en forme d'étriers. Ceux-ci soulèvent les matériaux pour les diriger vers l'intérieur du tambour d'où ils ressortent par une ouverture sur le côté. On prévoit qu'il serait éventuellement possible de diriger ces matériaux hachés vers un convoyeur menant à une remorque à l'arrière.

BRUSH FLAIL
syn. SLASH CUTTER

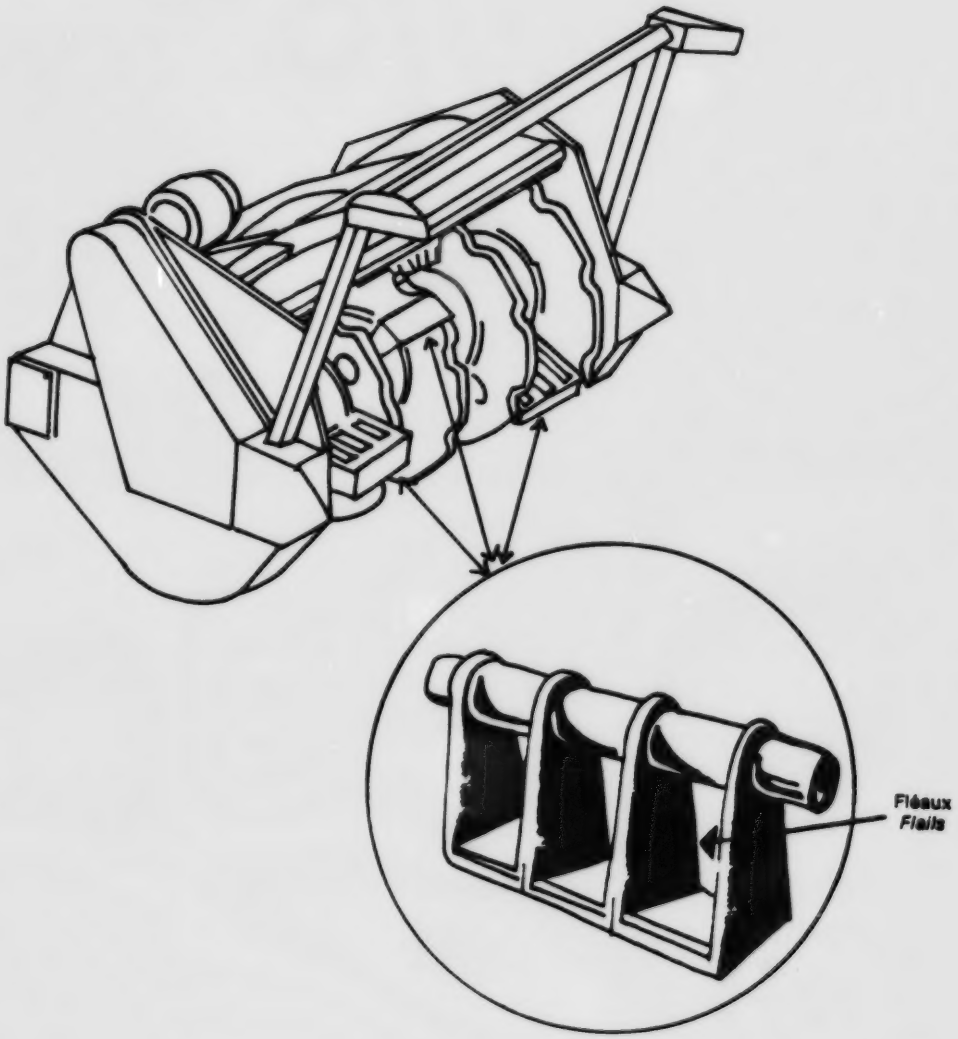
Definition:
Horizontal axis slash cutter using pivoting flails mounted on a horizontal rotor, to cut residue left on the ground, as well as small trees or shrubs still standing on the cutting area, to subsequently spread the chipped material over the ground.

Context:
1. Figure 24. Comparison of machine energies: Wood hog, chipping, spiral chipper, brush flail, stirrup hammer (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 33).

2. The SDEDC Stirrup Hog was developed as an efficient slash cutter (K.C. Jones, A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, 1981, p. 21).

NOTE:
The "Stirrup Hog", equipped with flails shaped like stirrups, is an example of this type of machine. The flails lift the residue from the ground, to guide it toward the cutter drum, where it is subsequently discharged through an opening in the side of the drum. Eventually it may be possible to guide the processed material toward a conveyor and a trailer in the rear.

ILLUSTRATION:



2.2.6. FENDEUSES

132. FENDEUSE DE BÛCHES, n.f.
abrév. FENDEUSE, n.f.

Définition:
Machine qui sert à fendre les bûches en deux ou plusieurs morceaux parallèlement à l'axe des fibres, pour en faire du bois de chauffage.

Contexte:
1. Corrélativement, alors qu'il ne s'en fabriquait pratiquement plus, sont apparues sur le marché de nombreuses machines à fendre le bois de feu, machines appelées couramment fendeuses de bûches (Les fendeuses de bûches, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 38, 3e trimestre 1980, p. 2).

2. Fendeuse de bûches. [...] Cette fendeuse est équipée d'un coin qui s'enfonce dans le bois grâce à un vérin hydraulique; la force peut atteindre 10 tonnes et la puissance est de 12 ch (Revue du bois et de ses applications, mai 1977, p. 53).

NOTE:
1. Une machine construite selon le même principe et destinée à fendre les souches parallèlement à l'axe des fibres pourrait être désignée par le terme fendeuse de souches.

2. Il existe deux sortes de fendeuses: les fendeuses à vis et les fendeuses à coin ou à vérin hydraulique. C'est ce dernier type de fendeuse qui est le plus souvent utilisé dans les tronçonneuses-fendeuses.

2.2.6. LOG SPLITTERS

LOG SPLITTER
abbr. SPLITTER
syn. WOOD SPLITTER

Definition:
Machine used to split logs into two or more pieces in a direction parallel to the fiber axis, so as to produce firewood.

Context:
1. Model 76 CHD log splitter is rated at a 15 ton capacity, handles log lengths up to 24 in. (Logging Management, Vol. 1, No. 3, June 1978, p. 56).

2. CMC has introduced a portable wood splitter powered by a 12 hp Kohler gas engine (The Northern Logger and Timber Processor, Vol. 31, No. 6, December 1982, p. 18).

NOTE:
1. A machine which also splits stumps parallel to the fiber axis could be designated as a stump splitter.

2. There are two types of splitters: conical screw splitters and wedge or ram splitters. This last type is frequently used in firewood processors.

3. On rencontre des coins de formes variées et à l'angle plus ou moins aigu. De plus, certains coins sont étoilés et fendent les bûches, selon leur grosseur, en plusieurs morceaux.

Voir aussi:
FENDEUSE DE SOUCHES, 91.

133. TRONÇONNEUSE-FENDEUSE, n.f.
syn. COMBINÉ SCIE À BÛCHES-FENDEUSE, n.m.

Définition:
Machine qui sert à sectionner les troncs d'arbres en bûches et à les fendre en deux morceaux ou plus selon leur grosseur, pour en faire du bois de chauffage.

Contexte:
1. Au cours des trois dernières années, un effort considérable a été consacré à la conception de tronçonneuses-fendeuses, comme résultat direct de la demande croissante en bois de chauffage (M.P. Folkema, Évaluation de la tronçonneuse-fendeuse Cord King FM-50, 1983, p. 17).

2. 4.6 Combinés scie à bûches-fendeuse. Ce type de matériel regroupe, sur un même bâti, une fendeuse à coin ou à vis et une scie circulaire (Utilisation du tracteur agricole en forêt, dans: Courrier de l'exploitant et du scieur, n° 45, 2e trimestre 1982, p. 19).

3. Splitting wedges may take various shapes and their angle may be more or less acute. Some wedges are star-shaped and split logs in several pieces, depending on their size.

See also:
STUMP SPLITTER, 91.

FIREWOOD PROCESSOR
syn. FIREWOOD PROCESSING MACHINE
FIREWOOD PROCESSING SYSTEM

Definition:
Machine used to cut tree stems into logs and subsequently split them into two or more pieces depending on their size, to produce firewood.

Context:
1. Figure 1. Main components of the Cord King FM-50 firewood processor (M.P. Folkema, Evaluation of the Cord King FM-50 Firewood Processor, 1983, p. 1).

2. Although there have been several manufacturers of firewood processing machines in the United States, this equipment has shown mixed results (M.P. Folkema, Evaluation of the Cord King FM-50 Firewood Processor, 1981, p. 1).

3. A new firewood processing system is now available from La Font Corporation in Prentice, Wisconsin (La Font Splitters, La Font Firewood Processing System, 1978).

NOTE:
1. L'emploi du terme combiné scie à bûches-fendeuse n'est pas recommandé; nous lui préférons tronçonneuse-fendeuse, que nous trouvons plus simple et plus clair.

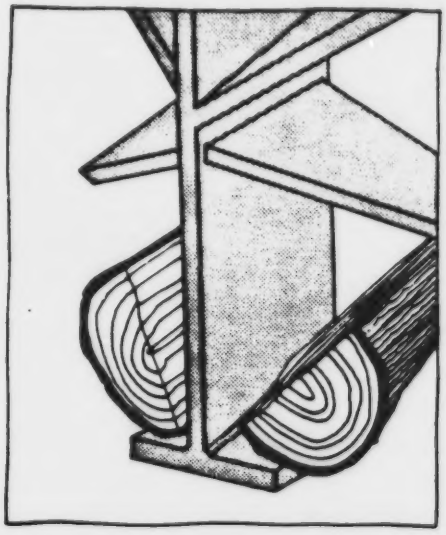
2. L'illustration montre le principe de fendage de la tronçonneuse-fendeuse. Si elle est de faible diamètre, la bûche peut soit éviter entièrement le coin de fendage, soit être fendue en deux; par contre, si elle est plus grosse, elle sera, grâce au dispositif de centrage, dirigée vers le coin étoilé et fendue en 6, 8 ou 10 morceaux, selon le coin utilisé.

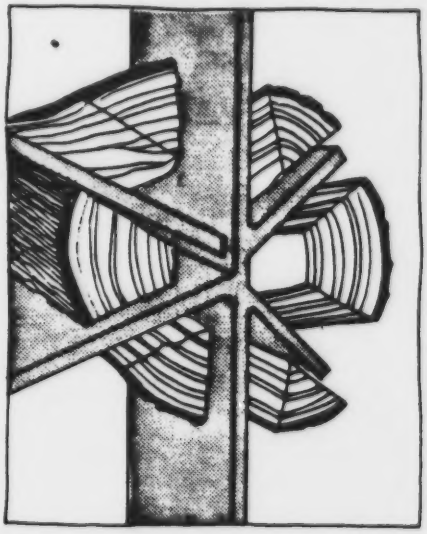
ILLUSTRATION:

NOTE:

1. The term combiné scie à bûches-fendeuse is not recommended; tronçonneuse-fendeuse is preferred, because it is simpler and shorter.

2. The illustration shows the splitting principle used by the firewood processor. A small diameter log can by-pass the splitting mechanism or be split into two pieces. If the log is larger the centering device will guide it towards the star-shaped wedge and it will be split into 6, 8 or 10 pieces, depending on the wedge used.





4. POSITIONNEUR, n.m.

Définition:
Dispositif automatique constitué d'un convoyeur à chaîne muni de doigts qui saisissent une bille à la fois pour la déposer sur le convoyeur d'alimentation du mécanisme de tronçonnage.

LOG INDEXER
abbr. INDEXER

Definition:
Automatic positioning device consisting of a chain conveyor equipped with arms that grab one log at a time to drop it onto the feeding conveyor of the slashing mechanism.

Contexte:
Chaque bille est poussée du tablier d'alimentation sur le convoyeur à l'aide d'un positionneur.

Context:
The log indexer, used to transfer logs onto the infeed conveyor, also worked well (M.P. Folkema, Evaluation of the Cord King FM-50 Firewood Processor, 1983, p. 9).

135. DISPOSITIF DE CENTRAGE, n.m.

CENTERING DEVICE
syn. CENTERING SYSTEM

Définition:
Dispositif qui aligne les bûches avec l'axe du coin de la fendeuse pour les fendre en morceaux de grosseur semblable.

Definition:
Device which aligns logs with the axis of the splitting wedge, to split them into pieces of equal size.

Contexte:
Dispositif de centrage et de chargement. Centrage géométrique par 3 points (DBP). Dispositif de pivotement séparé. Enregistrement électronique du diamètre du tronc avec possibilité d'exploitation pour fins secondaires (Revue du bois et de ses applications, septembre 1981, p. 21).

Context:
The splitter is composed of three main parts; the ram, the blade and the centering device (M.P. Folkema, Evaluation of the Cord King FM-50 Firewood Processor, 1983, p. 12).

136. PLATE-FORME DE CHANGEMENT DE DIRECTION, n.f.

TRANSFER TABLE

Définition:
Dispositif automatique qui reçoit les bûches provenant de la tronçonneuse, les oriente et les transfère sur le convoyeur d'alimentation de la fendeuse.

Definition:
Automatic device that receives the logs after slashing, to subsequently guide and transfer them to the feeding conveyor of the splitter.

Contexte:
En retournant à sa place, la scie déclenche un autre interrupteur de fin de course qui actionne la plate-forme de changement de direction, laquelle bascule la bûche dans la fendeuse (M.P. Folkema, Évaluation de la tronçonneuse-fendeuse Cord King FM-50 Firewood Processor, 1983, p. 23).

Context:
The FM-50 studied by FERIC operated in the manual mode only using two operators on the machine. The first man operated the live deck and conveyor controls, plus the saw and transfer table (M.P. Folkema, Evaluation of the Cord King FM-50 Firewood Processor, 1983, p. 4).

INDEX FRANÇAIS/FRENCH INDEX

A

ABATTAGE CONTINU, 1

B

BALLE DE RÉSIDUS, 41
BARRE DE COUPE, 4
BARRE DIRECTRICE, 5
BARRIÈRE D'ALIMENTATION, 12
BÂTI DE LA SCIE, 8
BENNE À COPEAUX, 21
BENNE ÉLÉVATRICE, 22
BOIS DÉFIBRÉ, 110
BOUTEUR, (3)
BRAS COLLECTEUR, 33
BRAS D'ALIMENTATION, 18
BRAS DE DESSOUCHAGE, 88
BRAS DU TOURNIQUET, 14
BRAS PRESSEUR, 68
BROYEUR, 119
BROYEUR À AXE HORIZONTAL, (130)
BROYEUR À AXE VERTICAL, (130)
BROYEUR À ÉCORCES, 125
BROYEUR-AFFINEUR, 124
BROYEUR À FLÉAUX, 131
BROYEUR À MARTEAUX, 121
BROYEUR À MARTEAUX ARTICULÉS, (121)
BROYEUR À MARTEAUX FIXES, (121)
BROYEUR À MARTEAUX OSCILLANTS, (121)
BROYEUR À ROULEAUX, 122
BROYEUR À TAMBOUR, 120

BROYEUSE À RÉSIDUS, 56
BROYEUSE-EMPILEUSE, (38)
BROYEUSE-PORTEUSE, 58
BULLDOZER, (3)

C

CADRE DIRECTEUR, 17
CENTRE INTÉGRÉ DE FAÇONNAGE, 45
CENTRE INTÉGRÉ DE TRANSFORMATION DES ARBRES ENTIERS, (45)
CHAÎNE TRÉBUCHEUSE, 11
CHAMBRE DE COMPRESSION, 43
CHAMBRE DE FRAGMENTATION, 94
CISAILLEMENT, (82)
CISAILLE TUBULAIRE, 27
COMBINÉ SCIE À BÛCHES-FENDEUSE, 133
COMPACTEUR DE RÉSIDUS, 66
CONTENEUR, 101
COPEAU, 106
COPEAU À PÂTE, 108
COPEAU D'ARBRE ENTIER, 106
COPEAU D'ÉNERGIE, 109
COPEAU DE PAPETERIE, 108
COPEAU ÉNERGÉTIQUE, 109
COUPEUSE, 46
COUPEUSE À COPEAUX, (46)
COUPEUSE-DÉCHIQUETEUSE, (46)
COUTRE CIRCULAIRE, 85
CRIBLE À COPEAUX, 55
CYLINDRE DE COUPE, 16

D

DÉBARDAGE, 67
DÉBROUSSAILLEUSE, 130
DÉBROUSSAILLEUSE À FLÉAUX, 131
DÉBROUSSAILLEUSE-BROYEUSE, 38

DÉCHIQUETAGE, (46)
DÉCHIQUETEUR, 116
DÉCHIQUETEUR À DISQUE, 117
DÉCHIQUETEUR À TAMBOUR, 118
DÉCHIQUETEUSE, 46
DÉCHIQUETEUSE D'ARBRES ENTIERS, 46
DÉCHIQUETEUSE-PORTEUSE, 58
DÉCOUPEUSE, (46)
DÉFIBREUR, 126
DÉFIBREUR À MÂCHOIRES, 128
DÉFIBREUR À ROULEAU, 127
DÉFIBREUR GIRATOIRE, 129
DÉFLECTEUR, 105
DÉFLECTEUR À COPEAUX, 54
DÉFLECTEUR AÉRODYNAMIQUE, 105
DESSABLAGE, (82)
DESSOUCHEUR, 82
DESSOUCHEUSE (1), 81, (82)
DESSOUCHEUSE (2), 82
DESSOUCHEUSE À TÊTE VIBRANTE, 89
DESSOUCHEUSE-FRAGMENTEUSE (83)
DESSOUCHEUSE-SECOUEUSE, 89
DISPOSITIF DE CENTRAGE, 135
DISPOSITIF DE DESSABLAGE, 95
DISPOSITIF DE NETTOYAGE, 95
DOIGT DE RAMASSAGE, 36

E

ÉBRANCHEUSE À TAMBOUR, 61
ÉBRANCHEUSE À VIS, 62
ÉCLISSE, 110
ÉCORCEUSE À TAMBOUR, 60
ÉCORCEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 59
ERGOT EXTRACTEUR, 86
EXPLOITATION INTÉGRALE, 25
EXPLOITATION INTÉGRÉE, 44

EXPLOITATION PAR ARBRES ENTIERS, (25)
EXPLOITATION PAR PORTIONS D'ARBRES ENTIERS, 64
EXTRACTEUR D'ARBRES, 26
EXTRACTEUR DE SOUCHES, 82
EXTRACTEUR-SÉCATEUR, 83
EXTRACTION DES SOUCHES, 80

F

FAUCHAGE, 1
FAUCHEUSE, 2, 6
FAUCHEUSE À BARRE DE COUPE, (2), (3)
FAUCHEUSE À BERCEAU COLLECTEUR, (2), 6
FAUCHEUSE À CYLINDRE, (3)
FAUCHEUSE À DISQUES, (3)
FAUCHEUSE À SCIE CIRCULAIRE, (2), (3)
FAUCHEUSE-BROYEUSE, 15
FAUCHEUSE-DÉCHIQUETEUSE, 15
FAUCHEUSE-GROUPEUSE, (6)
FAUCHEUSE-PORTEUSE DE COPEAUX, 20
FENDAGE, (82)
FENDEUSE, 132
FENDEUSE DE BÛCHES, 132
FENDEUSE DE SOUCHES, 91, (92), (132)
FILET À COPEAUX, 104
FLÈCHE À LONGUE PORTÉE, (73)
FLÈCHE DE LONGUE PORTÉE, (73)
FRAGMENT, 107
FRAGMENTEUR, 112
FRAGMENTEUR À DISQUE, 114
FRAGMENTEUR À PRESSE, 113
FRAGMENTEUR À VIS, 115
FRAGMENTEUSE, (46), 92
FRAGMENTEUSE-BROYEUSE DE RÉSIDUS, 57
FRAGMENTEUSE DE SOUCHES, 92
FRAGMENTEUSE-PORTEUSE, 58

G

GOULOTTE D'ÉVACUATION, 53
GRAPPIN À SOUCHES, 98
GRAPPIN-SCIE, 65
GRAPPIN-TRONÇONNEUR, 65
GRAPPIN TRONÇONNEUR, 65
GRIFFE DE DESSOUCHAGE, 86
GRIFFE D'EXTRACTION, 86
GRILLE DE RECOUPE, 123
GRILLE DE RECYCLAGE, 123
GRUE À LONGUE PORTÉE, 73
GUEULE D'ALIMENTATION, 50
GUIDE DE COUPE, 10

L

LAVAGE, (82)

M

MINI-ABATTEUSE À PINCE PORTANTE, 76
MINI-ABATTEUSE-GROUPEUSE, 77
MINI-ABATTEUSE-PORTEUSE, 77
MINI-ABATTEUSE-TRONÇONNEUSE, 75
MINI-DÉBUSQUEUR, 78
MINI-ÉBRANCHEUSE-TRONÇONNEUSE, 70
MINI-ÉBRANCHEUSE-TRONÇONNEUSE MONTÉE SUR FLÈCHE, (70)
MINI-PORTEUR, 79
MONTANT TÉLESCOPIQUE COMMANDÉ, 67
MULCH, 111

N

NETTOYAGE, (82)

P

PATIN, 29
PINCE DE SERRAGE, 28
PLAQUETTE, (106)
PLAQUETTE BLANCHE (106)
PLAQUETTE GRISE, (106)
PLAQUETTE VERTE, (106)
PLATE-FORME DE CHANGEMENT DE DIRECTION, 136
PORTE-SAC, 24
PORTEUR DE COPEAUX, 19
PORTEUR DE RÉSIDUS, 39
PORTEUR DE SOUCHES, 96
PORTEUR-NETTOYEUR DE SOUCHES, 97
POSITIONNEUR, 134
POSTE DE LAVAGE, 30
PRESSAGE DES RÉSIDUS, 40
PRESSE, 93
PRESSE À RÉSIDUS, 63
PRESSE DE FRAGMENTATION, 93
PRESSE-GUILLOTINE, 93

R

RAMASSEUSE-PRESSE À RÉSIDUS, 42
RÂTEAU À RÉSIDUS, (32)
RÂTEAU-GRAPPIN, 32
RÉCOLTEUR DE BIOMASSE FORESTIÈRE, (15)
RÉCUPÉRATRICE, (34)
RÉCUPÉRATRICE À RÂTEAU, (32)
RÉCUPÉRATRICE DE HOUPPIERS, 72
RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE COPEAUX, (34)
RÉCUPÉRATRICE-PORTEUSE DE FRAGMENTS, 34
RÉCUPÉRER, (34)
REMORQUE, (100)
REMORQUE À COL DE CYGNE, 7
REMORQUE À COPEAUX, 100

REMORQUE À SOUCHES, (100)
RÉSIDUS, (34)
RÉSIDUS DE COUPE, 31
RÉSIDUS D'EXPLOITATION, 31
ROUE DE DESSOUCHAGE, 84
ROULEAU PRESSEUR, 49

S

SAC À COPEAUX, 23
SÉCATEUR, 87
SECOUAGE, (82)
SEMI-REMORQUE À FOND MOUVANT, 102
SEMI-REMORQUE AUTO-DÉCHARGEUSE, 102
SEMI-REMORQUE PORTE-CONTENEURS, 103
SÉPARATEUR DE DÉCHETS, 52
STOCKAGE, (82)
SYSTÈME D'ALIMENTATION FORCÉE, 48

T

TABLIER D'ALIMENTATION, 47
TAMBOUR DE RAMASSAGE, 37
TÊTE DE FAUCHAGE, 3
TÊTE DE RAMASSAGE, 35
TOURNIQUET, 13
TRAIN ROUTIER, 99
TRANSPORT, (82)
TRONÇONNEUR À FRAISE, (71)
TRONÇONNEUR DE HOUPPIERS, 71
TRONÇONNEUSE-FENDEUSE, 133

V

VÉRIN D'ÉLÉVATION, 9
VIBRATEUR, 90
VOLET MOBILE, 51
VOLET PRESSEUR, 69

ENGLISH INDEX/INDEX ANGLAIS

A

AIR DEFLECTOR, 105
AIR SHIELD, 105
ARM, 33

B

BAFFLE, 54
BALE, 41
BALE CHAMBER, 43, 63
BALER, 42
BALING, 40
BALING CHAMBER, 43
BALING SYSTEM, 63
BAR, 6
BARKING AND CHIPPING PLANT, 59
BARK SHREDDER, 125
BAT, 14
BIN, 21
BIOMASS BALER, 42, 63
BIOMASS HARVESTER, 15, 20, 34
BIOMASS PROCESSOR, 57
BRUSH FLAIL, 131
BRUSH FORWARDER, 20
BRUSH HARVESTER, 15
BUNCH DELIMBER, 62

C

CENTERING DEVICE, 135
CENTRAL PROCESSING PLANT, 45
CHAIN TYPE FEEDER TABLE, 47
CHIP, 106

CHIP BIN, 21
CHIP DEFLECTOR CHUTE CAP, 54
CHIP FORWARDER, 19
CHIP FORWARDING BIN, 19
CHIP HARVESTER, 46, 58
CHIP HARVESTER TYPE FORWARDER, 58
CHIP HOPPER, 21
CHIP NET, 104
CHIPPER, 46, 116
CHIPPER FORWARDER, 58
CHIPPER UNIT, 116
CHIP SACK, 23
CHIP SCREEN, 55
CHIP SIZING SCREEN, 123
CHIP SPOUT, 53
CHIP TRAILER, 100
CHIP VAN, 100
CHUNK, 107
CHUNKING MACHINE, 112
CHUNKING PRESS, 93
CHUNKWOOD, 107
CHUNKWOOD CHIPPER, 112
CHUNKWOOD PRESS, 113
CHUNKWOOD PROCESSOR, 112
CIRCULAR SAW SWATHER, (3)
CLAW, 86
CLEANING MECHANISM, 95
COLLECTOR FRAME, 17
COMPACTION CHAMBER, 43
COMPACTION DEVICE, 66
COMPELLER, 10
COMPELLER BAR, 10
COMPLETE-TREE, (25)
COMPLETE-TREE HARVESTER, 26
COMPLETE-TREE HARVESTING, 25
COMPLETE-TREE LOGGING, 25

COMPRESSION FEED ROLL SYSTEM, 48
COMPRESSION FEED SYSTEM, 48
COMPRESSION FEED WHEEL, 49
COMPRESSION WHEEL, 49
CONTAINER, 21, 101
CONTAINER SEMI-TRAILER, 103
CONTINUOUS FELLER, 2
CONTINUOUS FELLING, 1
CONTINUOUS HARVESTER, 6
CROSS BEAM, 68
CROWDER, 10
CROWDER BAR, 18
CRUSHER, 126
CRUSHING MACHINE, 126
CUTTER, 3, 4
CUTTER ASSEMBLY, 35
CUTTER BAR, 4
CUTTER BAR SWATHER, (3)
CUTTER BLADE, 87
CUTTER DRUM, 37
CUTTER HEAD, 3
CUTTING CHAMBER, 94
CUTTING DISK SWATHER, (3)
CYLINDER FOR STUMP HEIGHT CONTROL, 9
CYLINDER SWATHER, (3)

D

DEBARKER-CHIPPER, 59
DIRT SEPARATOR, 52
DISC CHIPPER, 117
DISC CHUNKER, 114
DISC COULTER, 85
DISCHARGE PIPE, 53
DISCHARGE SPOUT, 53
DISCHARGE TUBE, 53
DRUM CHIPPER, 118

DRUM DEBARKER, 60
DRUM DELIMBER, 61
DRUM TYPE CHIPPER, 118

E

EXTRACTION TOOTH, 86

F

FEEDER, 50
FEEDING THROAT, 50
FELLING BAR, 16
FELLING CYLINDER, 16
FELLING MOBILE CHIPPER, 15
FIBERIZER, 126
FIREWOOD PROCESSING MACHINE, 133
FIREWOOD PROCESSING SYSTEM, 133
FIREWOOD PROCESSOR, 133
FIXED HAMMER HOG, (121)
FLAP, 69
FORCE FEED WHEEL, 49
FOREST RESIDUE BALING, 40
FORWARDER-MOUNTED CHIPPER, 58
FORWARDER-MOUNTED CHUNKER, 58
FORWARDER-MOUNTED HAMMERMILL, 58
FORWARDER-MOUNTED HOGGER, 58
FORWARDER-MOUNTED SHREDDER, 58
FUEL CHIP, 109
FULL-TREE, (25)
FULL-TREE HARVESTING, (25)
FULL-TREE LOGGING, (25)
FULL-TREE UTILIZATION, (25)

G

GATHERING ARM, 33
GOOSE-NECK TYPE TRAILER, 7
GRAPPLE PROCESSOR, 70
GRAPPLE RAKE, 32
GRAPPLE-SAW, 65
GRAPPLE SAW, 65
GRIP, 28
GRIT REMOVAL SYSTEM, 52
GUIDE-FLAP, 54
GYRATOR CRUSHER, 129

H

HAMMER, 121
HAMMER HOGGER, 121
HAMMERMILL, 121
HAMMER MILL, 121
HARVESTER, (6)
HARVESTER-BUNCHER, 26
HAULAGE RIG, 99
HAULING RIG, 99
HIGH-TILTING BIN, 22
HIGH-TILTING CHIP BIN, 22
HIGH-TILTING CONTAINER, 22
HOG, 56, 119
HOG FUEL, 109
HOGGER, 56, 119
HOGGING MACHINE, 119
HOG MACHINE, 119
HOG MILL, 56, 119
HOPPER, 21

I

INDEXER, 134
INDUSTRY CHIP, 108

INTEGRATED HARVESTING, 44
INTEGRATED PROCESSING COMPLEX, 45
INTEGRATED PROCESSING YARD, 45
INVOLUTED DISC CHIPPER, 114

J

JAW CRUSHER, 128

K

KNIFE HOG, 120

L

LATERAL ROOT SHEAR, 27
LIFTING CLAW, 86
LOGGING RESIDUE HARVESTING, 34
LOGGING RESIDUE PROCESSOR, 57
LOGGING RESIDUES, 31
LOG INDEXER, 134
LOG SPLITTER, 132
LONG-REACH BOOM, (73)
LONG REACH CRANE, 73

M

MINI FELLER-BUNCHER, 74
MINI FELLER-FORWARDER, 77
MINI FELLER-SKIDDER, 76
MINI FORWARDER, 79
MINI-HARVESTER, 75
MINI-PROCESSOR, 70
MINI-SKIDDER, 78
MOBILE CHIP HARVESTER, 15
MOBILE CHIP HARVESTER FORWARDER, 20
MOBILE CHIPPER, (46)

MOBILE CHIPPER FORWARDER, 58
MOBILE CHIPPER HARVESTER, 15
MOVABLE COLLECTING SIDE, 51
MULCH, 111
MULCHING MACHINE, 130

O

OPENING, 50

P

PERSUADER, 13
PICK-UP ARM, 36
PICK-UP BALER, 34
PICK-UP CYLINDER, 37
PIVOTED CROWDER, 18
PIVOTED HAMMER HOG, (121)
PORTABLE CHIPPER, (46)
PRESS CHUNKER, 113
PULLER-BUNCHER, 26
PULLING WHEEL, 84
PULP CHIP, 108
PUSH BAR, 5
PUSHER ARM, 14
PUSHER BAR, 5
PUSHER FRAME, 17

R

RAKE, 32
RECHIPPER, 124
RECUFOR, 34
RESIDUE BALE, 41
RESIDUE BALER, 42, 63
RESIDUE BALING SYSTEM, 63
RESIDUE COLLECTION RAKE, 32

RESIDUE COLLECTOR-PROCESSOR-FORWARDER, 34
RESIDUE FORWARDER, 39
RESIDUE PICK-UP ASSEMBLY, 35
RESIDUE PICK-UP BALER, 42
RESIDUE SHREDDING SITE-PREPARATION MACHINE, 38
RIPPING TYPE TOOTH, 86
ROLL CRUSHER, 127
ROLL HOG, 122
ROLL SPLITTER, 127

S

SACK HOLDER, 24
SAW FRAME, 8
SCISSOR-LIKE GRIP, 28
SCISSORS-TYPE GRIP, 28
SCREEN, 55
SCREW TYPE DELIMBER, 62
SELF-PROPELLED, (42)
SELF-UNLOADING SEMI-TRAILER, 102
SHEAR, 87
SHEARING KNIFE, 87
SHREDDER, 38, 56, 119, 122
SHREDDER-MULCHER, 38
SHREDDING-MULCHING MACHINE, 38
SITE-PREPARATION RAKE, 32
SITE PREPARATION SHREDDER, 38
SITE PREPARATION SHREDDING MACHINE, 38
SIZING GRATE, 123
SKIDDER, (78)
SLASH CUTTER, 130, 131
SLASH CUTTING MACHINE, 130
SLASH REDUCTION CUTTER HEAD, 35
SLASH REDUCTION MACHINE, 38
SLIVER-LIKE PARTICLE, 110
SMALL FELLER-BUNCHER, 74
SMALL FELLER-FORWARDER, 77

SMALL FELLER-SKIDDER, 76
SMALL FORWARDER, 79
SMALL HARVESTER, 75
SMALL SIZED FELLER-BUNCHER, 74
SMALL SKIDDER, 78
SMALL THINNING HARVESTER, 75
SPIRAL-HEAD CHIPPER, 115
SPIRAL-HEAD CHUNKER, 115
SPLITTER, 132
STEM-GRIPPING MECHANISM, 28
STEP, 29
STUMP AUGER, (82)
STUMP CHOPPER, (82)
STUMP CRUSHER, 92
STUMP CRUSHING SYSTEM, 92
STUMP CUTTER, (82)
STUMPER, 81
STUMP EXTRACTING MACHINE, 81
STUMP EXTRACTION, 80
STUMP EXTRACTOR, 82, 83
STUMP EXTRACTOR AND SPLITTER, 83
STUMP EXTRACTOR-SPLITTER, 83
STUMP FORWARDER, 96
STUMP FORWARDER AND CLEANER, 97
STUMP FORWARDER-CLEANER, 97
STUMP GRAPPLE, 98
STUMP GRINDER, (82)
STUMP HARVESTER, 83
STUMPING, 80
STUMPING BRIDGE, 88
STUMPING WHEEL, 84
STUMP PROCESSOR, 92
STUMP PULLER, 82
STUMP PULLING, 80
STUMP PULLING MACHINE, 81
STUMP PULLING WHEEL, 84
STUMP REMOVAL, 80

STUMP-ROOT EXTRACTOR, 89
STUMP-ROOT PULLER, 89
STUMP SPLITTER, 91
STUMP TRAILER, (100)
STUMPWOOD FORWARDER, 96
STUMPWOOD FORWARDER-CLEANER, 97
SWATHE-FELLING MOBILE CHIPPER, 15
SWATHER, 2, 6
SWATHER-HARVESTER, 6
SWATH FELLER, 2
SWATH FELLING, 1
SWATH FELLING BLADE, 4
SWATH FELLING HEAD, 3
SWATH-FELLING MOBILE CHIPPER, 15
SWATH HARVESTER, 6
SWATH HARVESTING, 1
SWING HAMMER HOG, (121)

T

TELESCOPIC STAKE, 67
THINNING PROCESSOR, 70
TOPWOOD HARVESTER, 72
TOPWOOD HARVESTER ASSEMBLY, 72
TOPWOOD HARVESTING EQUIPMENT, 72
TOPWOOD PROCESSING DEVICE, 71
TOPWOOD PROCESSOR, 71
TOTAL CHIP, 106
TOTAL TREE, (25)
TOTAL TREE LOGGING, 25
TOWED, (42)
TRAILER, (100)
TRANSFER TABLE, 136
TREE EXTRACTOR, 26
TREE GATE, 12
TREE HARVESTER, 46
TREE LIFTER, 26

TREE-PORTION LOGGING, 64
TREE PULLER, 26
TREE PULLER-BUNCHER, 26
TREE PUSHER, 5, 13
TREE PUSHER BAR, 5
TREE-SECTION LOGGING, 64
TREE SELECTOR, 10
TREE UPROOTER, 26
TRIP CHAIN, 11
TRIPPING CHAIN, 11
TUBULAR SHEAR, 27

U

UPROOTING TOOTH, 86

V

VIBRATING DEVICE, 75
VIBRATING STUMP PULLER, 89
VIBRATOR, 90

W

WASHING STATION, 30
WHOLE-TREE, (25)
WHOLE-TREE CHIP, 106
WHOLE-TREE CHIPPER, 46
WHOLE-TREE HARVESTER, 26
WHOLE-TREE HARVESTING, (25)
WHOLE-TREE LOGGING, (25)
WHOLE-TREE UTILIZATION, (25)
WIND DEFLECTOR, 105
WOODCHIP TRAILER, 100
WOOD CHUNKER, 112
WOOD PROCESSING CENTER, 45

WOOD PROCESSING TERMINAL, 45
WOOD PROCESSOR, 56
WOOD SPLITTER, 132

BIBLIOGRAPHIE REFERENCES

1. OUVRAGES DE RÉFÉRENCES, MONOGRAPHIES ET DOCUMENTS DIVERS
REFERENCE BOOKS, MONOGRAPHS AND MISCELLANEOUS DOCUMENTS

Antezana, (L.F.), The California Orchards Residuals Disposal Experience, Nicholson Manufacturing Company, 3670 East Marginal Way, Seattle, Washington 98134, U.S.A., photocopy.

Brière (D.), Recent Developments in the Recovery of Logging Residue for Energy, Paper presented at the Seventh International FPRS (Forest Products Research Society) Industrial Wood Energy Forum, 1983, photocopy.

Bruks Mekaniska AB, Bruks Chip Harvester Type 1000 CT, Arbrå, Bruks Mekaniska AB, n.d., unpaged.

Bruks Mekaniska AB, Chips. Catalogue Showing Equipment and Machines for Chip Production, Arbrå, Bruks Mekaniska AB, n.d., 15 p.

Bruks Mekaniska AB, Whole-Tree Chipping Unit 1200 CT and 800 CT, Arbrå, Bruks Mekaniska AB, n.d., unpaged.

Centre national d'études et d'expérimentation de machinisme agricole, Dictionnaire technique de la mécanisation agricole, Antony, Ministère de l'Agriculture, 1968 - 1971, 957 p.

ENFOR, Biomass Harvesting Review, 1982, 40 p., photocopy.

Fast (W.D.), Biomass Baling Tests, Harris Press and Shear Inc., Cordele, Georgia 31015, U.S.A., n.d., 9 + 10 p., photocopy.

Folkema (M.P.) and Mellgren (P.G.), Using Circular Saw Felling Heads to Reduce Butt Splitting Damage and Increase Productivity, Technical Note TN-58, Pointe Claire, FERIC, 1982, 22 p.

Folkema (M.P.), Évaluation de la tronçonneuse-fendeuse Cord King FM-50, fiche technique FT-66, Pointe-Claire, FERIC, 1983, 25 p.

Folkema (M.P.), Evaluation of the Cord King FM-50 Firewood Processor, Technical Note TN-66, Pointe Claire, FERIC, 1983, 25 p.

Forest Engineering Research Institute of Canada, 1982 Annual Report, Pointe Claire, FERIC, [1983], 13 p.

Forest Engineering Research Institute of Canada, Description of the RECUFOR, internal document, 1982, unpaged.

Fridley (F.) and Burkhardt (T.H.), Densifying Forest Biomass into Large Round Bales, St. Joseph, Michigan, American Society of Agricultural Engineers, 1981, 22 p., photocopy.

Gagné (G.)et coll., Méthodes et matériel d'exploitation forestière I, Québec, Gouvernement du Québec, Ministère des Terres et Forêts, Groupe COGEF, 1976, 163 p.

Georgia-Pacific Corporation, Tree and Brushwood Harvester, 1980, unpaged, photocopy.

Hakkila (P.) and Kalaja (H.), Harvesting Fuel Chips with the Pallari Swath Harvester, in: Folia Forestalia, No. 418, Helsinki, Finnish Forest Research Institute, 1980, 24 p.

Heidersdorf (E.), Évaluation du modèle de pré-série de la faucheuse "A-Line Swather VII", Pointe-Claire, FERIC, Fiche technique n° FT-55, 1982, iii + 25 p.

Heidersdorf (E.), Evaluation of the Preproduction A-Line Swather VII, Pointe Claire, FERIC, Technical Note No. TN-55, 1982, iii + 24 p.

Industries Rodech inc. / Rodech Products Inc., Contenants à copeaux et résidus de bois / Container for Woodchips and Wood Residues, Luceville, Industries Rodech inc., s.d., s.p.

Industries Rodech inc. / Rodech Products Inc., Semi-remorque à copeaux avec panneau de FRP / FRP Wood Chip Trailer, Luceville, Industries Rodech inc., s.d., s.p.

Industries Rodech inc. / Rodech Products Inc., Semi-remorque à copeaux, type train / "B-Train" Woodchip Trailers, Luceville, Industries Rodech inc., s.d., s.p.

Institut canadien de recherches en génie forestier, Rapport annuel 1981, Pointe-Claire, FERIC, [1982], 16 p.

Jones (K.C.), A Review of Energy Requirements to Comminute Harvesting Residues, Part of Enfor Project No. P-28, 1981, 36 p., photocopy.

Junkkari OY, Junkkari Chipper, Ylikärmä, Junkkari OY, n.d., unpaged.

Koch (P.) and Nicholson (T.W.), Harvesting Residual Biomass and Swathe-Felling with a Mobile Chipper, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, Proceedings of a Symposium held in New Orleans, Louisiana, April 1978, Pineville, Forest Products Research Society, 1978, p. 146-154.

Kockums Industri, Kockums Herkules Stump Extractor, Söderhamn, Kockums Industri, n.d., unpaged.

Kockums Industri, Logging Machines, Söderhamn, Kockums Industri, n.d., unpaged.

La Font Splitters, La Font Firewood Processing System, Prentice, La Font Splitters, 1978, unpaged.

L.B. Foster Company, Vibro Stump Puller, Carnegie, L.B. Foster Company, n.d., unpaged.

Levelton (B.H.), Wood Waste Fuels Preparation and Handling, Enfor Project C-95, 1982, v.p., photocopy.

Lönner (G.), Processing Terminals for Industry and Energy Wood Raw Material, n.d., 13 p., photocopy.

Mattson (J.A.), Arola (R.A.) and Hillstrom (W.A.), Recovering and Chipping Hardwood Cull Trees Having Heavy Limbs, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, Proceedings of a Symposium held in New Orleans, April 1978, Pineville, Forest Products Research Society, 1978, p. 120-129.

Mellgren (Per G.), The "A-Line" Swather Mows Down Trees Like Wheat, Pointe Claire, FERIC, n.d., unpaged.

Morbark Industries inc., Découpeuses Total Chiparvestor, Winn, Morbark Industries inc., s.d., 33 p.

Morbark Industries Inc., The Satellite Sauchip System, Winn, Morbark Industries Inc., 1979, 26 p.

Morbark Industries Inc., Total Chiparvestors, Winn, Morbark Industries Inc., n.d., unpaged.

Morgårdshammar AB, Morgårdshammar Shredder Type SK for Energy Production, Smedjebacken, Morgårdshammar AB, 1981, unpaged.

Nicholson Manufacturing Co., Logger Utilizer, Seattle, Nicholson Manufacturing Co., n.d., unpaged.

O'Dair (J.R.), Development of a 600-HP Residue Shredding Site-Preparation Machine, in: Complete Tree Utilization of Southern Pine, Proceedings of a Symposium held in New Orleans, Louisiana, April 1978, Pineville, Forest Products Research Society, 1978, p. 155-161.

Orenstein & Koppel, The Stumparvester for RH4/MH4, n.p., Orenstein & Koppel, n.d., unpaged.

Pottie (M.A.), Harvesting and Transport of Logging Residues and Residuals, Including Stumps, Forest Engineering Research Institute of Canada, April 1983, 22 p., unpublished report.

Powell (L.H.), Mobile Chipper Study: Processing Logging Residue for Energy Biomass, Vancouver, FERIC, Technical Note No. TN-61, 1982, S-5 + 22 p.

Precision Chipper Corporation, Tree Harvester, s.l., Precision Chipper Corporation, n.d., unpaged.

Ragot (J.), Série II. Exploitation forestière et scierie: matériels et techniques de débardage à l'aide de véhicules à roues, Paris, Cahiers du Centre technique du bois, 1976, 64 p.

Schiess (P.) and Yonaka (K.), Baling -A New Concept in Residue Handling, Logging Engineering, College of Forest Resources, University of Washington, 1983, n.d., 26 p., photocopy.

Sicard-Lussier (T.), Mécanisation forestière I et II, coll. "Néologie en marche", Montréal, Éditeur officiel du Québec, 1982, 196 et 243 p.

Sirois, (D.L.), A Mobile Harvester for Utilization of Weed Trees and Residues, in: Proceedings of the 1981 John S. Wright Forestry Conference, Weed Control in Forest Management, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907, U.S.A.

2. PÉRIODIQUES
PERIODICALS

Annales de mécanisation forestière, annuel, Association pour la rationalisation et la mécanisation de l'exploitation forestière (ARMEF) et Centre d'études et de recherche sur le matériel de sylviculture (CERMAS), 85, rue LaFayette, 75009 Paris, France.

Au fil du bois, mensuel, Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec, 3555, boulevard Hamel ouest, suite 200, Québec G2E 2G6.

Canadian Forest Industries, monthly, Southam Business Publication, 1450, Don Mills Road, Don Mills, Ontario M3B 2X7.

Courrier de l'exploitant et du scieur, trimestriel, Centre technique du bois, 10, avenue de Saint-Mandé, 75012 Paris, France.

Ekonomi, irreg., Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (Logging Research Foundation), Box 1184, S-16313 Spänga, Sweden.

Engineering Journal / Revue de l'Ingénierie, Engineering Institute of Canada, 2050, Mansfield, Montreal H3A 1Y9.

Finnish Trade Review, monthly, The Finnish Foreign Trade Association, POB 908, Arkadiankatu 4-6B, SF00101, Helsinki 10, Finland.

Forest Products Journal, monthly, Forest Products Research Society, 2801, Marshall Court, Madison, Wisconsin 53705, U.S.A.

Forêt Conservation, mensuel, 915, boul. St-Cyrille ouest, Québec G1S 1T8.

Informations-Forêt, trimestriel, Association forêt-cellulose (AFOCEL), Domaine de l'Étançon 77370, Nangis, France.

Journal of Forestry, monthly, Society of American Foresters, 5400, Grosvenor Lane, Bethesda, Maryland 20814, U.S.A.

Logging and Sawmilling Journal, monthly, 111, Melville Street, Vancouver, British Columbia V6E 3V6, Canada.

Logging Management, bi-monthly, 300 West Adams, Chicago, Illinois 60606, U.S.A.

L.S.U. Forestry Notes. Agricultural Experiment Station Research Release, irreg., School of Forestry and Wildlife Management, Louisiana State University & A & M College, Baton Rouge, Louisiana 70803, U.S.A., photocopy.

Mécanisation forestière, forestage d'aujourd'hui, première transformation, André Bouchez éditeur, 95, rue des Martyrs, 75018 Paris, France.

The Northern Logger and Timber Processor, monthly, Northeastern Logger's Association Inc., Old Forge, New York 13420, U.S.A.

Opérations forestières et de scierie, mensuel, La compagnie d'éditions Southam Ltée, 1450, chemin Don Mills, Don Mills, Ontario M3B 2X7.

Pulp and Paper, monthly, Miller Freeman Publications, 500, Howard Street, San Francisco, California 94105, U.S.A.

Results, irreg., Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (Logging Research Foundation), Box 1184, S-16313 Spänga,Sweden.

Revue du bois et de ses applications, mensuel, Compagnie française d'éditions, 40, rue du Colisée, 75008 Paris, France.

Technical Release, irreg., American Pulpwood Association, 1619, Massachusetts Avenue, Washington, District of Columbia 20036, U.S.A.

Transactions of the A.S.A.E., bi-monthly, American Society of Agricultural Engineers, 2950, Niles Road, St. Joseph, Michigan 49085, U.S.A.

LAU-X-50
ENFOR — P-54

Implications de l'exploitation par arbres entiers pour la récupération de la biomasse

JEAN-GUY ROUTHIER

DARVEAU, GRENIER, LUSSIER ET ASSOCIÉS

IMPLICATIONS DE L'EXPLOITATION PAR ARBRES ENTIERS POUR LA RÉCUPÉRATION DE LA BIOMASSE

Jean-Guy Routhier
Darveau, Grenier, Lussier et Associés

Projet ENFOR P-54
Rapport d'information LAU-X-50
Décembre 1981

Centre de recherches forestières des Laurentides
Service canadien des Forêts
Ministère de l'Environnement
1080, route du Vallon
Sainte-Foy, Québec
G1V 4C7

AVANT-PROPOS

ENFOR est l'acronyme bilingue du programme de recherche et de développement en matière d'ENergie FORestière (ENergy from the FORest) du Service canadien des forêts, qui vise à s'assurer les connaissances et la compétence technique nécessaires afin de favoriser une forte augmentation de la contribution, à moyen et à long terme, de la biomasse forestière à la production d'énergie primaire de notre pays. Ce programme s'inscrit dans le cadre d'une entreprise beaucoup plus vaste du gouvernement visant à promouvoir le développement et l'utilisation de l'énergie renouvelable dans le but de réduire notre dépendance à l'égard du pétrole et des autres sources énergétiques non renouvelables.

Les projets d'ENFOR sont sélectionnés parmi une série de propositions présentées par des organisations de recherches privées et publiques, selon le bien-fondé scientifique et technique de chacune et à la lumière des objectifs et des priorités du programme. Quelle que soit l'origine de la proposition, les projets sont surtout réalisés par contrat. Des informations additionnelles sur le programme ENFOR peuvent être obtenues en s'adressant au:

Secrétariat ENFOR
Service canadien des forêts
Ministère de l'Environnement
OTTAWA (Ontario)
K1A 1G5

... ou au directeur de l'établissement d'où provient le présent rapport.

Ce rapport-ci, qui découle du projet ENFOR P-54, a été préparé par Jean-Guy Routhier, ing. f., M.E.S., suite au mandat confié au bureau Darveau, Grenier, Lussier et Associés (dossier MAS 09SD-KL-004-9-C-013). Le contrat couvrait une période de deux ans. Le titre original du rapport

soumis par la mandataire est "Implications pratiques et économiques de l'exploitation des forêts par arbres entiers pour une récupération maximale de biomasse".

Il faut souligner que ce travail a porté uniquement sur les aspects pratiques et économiques de la récolte et du transport d'arbres entiers à l'usine. Les conséquences que pourrait avoir ce type de récolte sur la productivité des stations et le maintien de la fertilité des sols sont abordées dans un autre volet du programme ENFOR.

RESUME

L'ébranchage et l'étêtage des arbres à l'usine plutôt que sur le parterre de coupe favorise l'utilisation des branches et des houppiers pour fins énergétiques. Les branches et les houppiers récupérés constituent une biomasse à l'état vert de 200 à 300 kilogrammes par mètre cube de bois marchand pour les essences résineuses de l'est du Canada. L'exploitation et le transport d'arbres entiers sont réalisables sans difficultés majeures sur les routes privées. Un concept d'usine pour l'ébranchage, l'étêtage, le tronçonnage et l'écorçage des arbres est présenté et évalué dans ce rapport.

L'élimination de l'ébranchage en forêt favorise la mécanisation des opérations d'abattage et de débardage. Si la biomasse récupérée peut être vendue au prix de $35 par tonne anhydre, soit beaucoup moins que son équivalent énergétique en pétrole ($54), le taux de rendement après impôt et aux prix réels (inflation nulle) sur les investissements additionnels requis en forêt et en usine pour la récupération de la biomasse atteint 27%. La mise en copeaux de l'arbre entier en forêt et la purification de ces copeaux à l'usine est une technique en développement qui offre à l'industrie des pâtes et papiers un autre moyen de récupérer un maximum de biomasse. Les connaissances actuelles sur cette technique indiquent que son potentiel économique est comparable à celui du traitement d'arbres entiers en usine.

ABSTRACT

If trees are delimbed and topped at a plant site rather than at the cutting area, their limbs and tops can more readily be used for energy production. In the green state, recovered limbs and tops constitute a biomass of 200 to 300 kilograms per cubic metre of merchantable wood for softwood species in Eastern Canada. Full trees can be harvested and transported on private roads without major difficulty. A plant concept for delimbing, topping, slashing and debarking trees is presented in this report.

The elimination of delimbing in the forest promotes mechanization of felling and skidding operations. If the additional biomass that is recovered can be sold at $35 per oven-dry tonne -- a much lower price than the energy-equivalent amount of oil ($54) -- then the additional investments required in the forest and at the mill to recover the biomass yield an after-tax rate of return at real prices (no inflation) of 27%. Chipping full trees in the forest and purifying the chips at the mill is a process now being developed that offers the pulp and paper industry another means of recovering a maximum amount of biomass. Current knowledge of this technique indicates that its economic potential is comparable to that of processing full trees at a plant.

darveau, grenier, lussier et associés
INGÉNIEURS FORESTIERS ET CONSEILLERS EN GESTION
870, AVENUE CASOT, QUÉBEC, P.Q. G1S 2X9 ■ CANADA ■ 683-2385

v.

PLAN DE MISE EN VALEUR DU TERRITOIRE FORESTIER
ANALYSE DES SYSTÈMES D'EXPLOITATION FORESTIÈRE
ÉTUDES DE RENTABILITÉ
RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

Le 21 juillet 1981

Dr Gilles Frisque, ing.f.
Centre de Recherches forestières
des Laurentides
1080 Route du Vallon
Sainte-Foy, Qué.
G1V 4C7

Cher Docteur Frisque,

Je vous fais parvenir, avec la présente, l'original et les copies requises du rapport "Implications pratiques et économiques de l'exploitation des forêts par arbres entiers pour une récupération maximale de la biomasse" concernant le projet ENFOR P-54 (contrat MAS 09SD-KL004-9-C-013).

Les résultats consignés dans ce rapport semblent fort intéressants et indiquent, entre autres, que le transport d'arbres entiers à l'usine est pratiquement et économiquement réalisable. De plus, si la biomasse récupérée peut être vendue à $35 la tonne anhydre, on obtient un taux de rendement aux prix réels (sans inflation) de 27% sur les investissements additionnels requis.

Veuillez accepter l'expression de mes salutations distinguées.

Jean-Guy Routhier

Jean-Guy Routhier, ing.f., M.E.S.

P.J.:jg

TABLE DES MATIERES

	Page
AVANT-PROPOS	i
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LETTRE D'INTRODUCTION	v
TABLE DES MATIERES	vi
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	x
SOMMAIRE	xii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - ESTIMATION DES QUANTITES RECUPERABLES DES RESIDUS D'EXPLOITATION	
1.1 Méthode d'échantillonnage et techniques utilisées pour la mesure des résidus	2
1.2 Localisation et description des exploitations étudiées	5
1.3 Caractéristiques des peuplements	10
1.4 Taux de récupération des résidus après l'abattage et le débardage	11
1.4.1 Récupération des branches	16
1.4.2 Récupération des houppiers	16
1.4.3 Taux de récupération global (branches et houppiers)	17
1.5 Biomasse récupérée	18
1.5.1 Masse des houppiers et des branches par unité de volume marchand brut	18
1.5.2 Masse des houppiers et des branches d'après la connaissance de la biomasse en forêt	19
1.5.3 Biomasse par unité de volume d'après les données sur le camionnage	20
1.6 Conclusions	23
CHAPITRE 2 - EXPLOITATION ET TRANSPORT D'ARBRES ENTIERS	
2.1 Faisabilité et avantages des exploitations d'arbres entiers	24

		Page
2.2	Transport d'arbres entiers	25
	2.2.1 Faisabilité du transport d'arbres entiers	25
	2.2.2 Description des camions-remorques utilisés	26
	2.2.3 Difficultés découlant du transport d'arbres entiers	27
	2.2.4 Données quantitatives sur le transport d'arbres entiers	32
2.3	Biomasse laissée en bordure de route après le chargement des arbres entiers	38
2.4	Biomasse laissée dans la cour de l'usine	40
2.5	Dommages subis par la partie marchande de l'arbre au cours de l'exploitation et du transport	41
2.6	Conclusions	44

CHAPITRE 3 - CONCEPTION D'UNE USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE D'ARBRES ENTIERS

3.1	Description de l'usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage	48
3.2	Variantes de l'usine étudiée	57
3.3	Productivité de l'usine étudiée	57
3.4	Risques de mauvais fonctionnement de l'usine	61
3.5	Accroissement ou diminution de la capacité de production de l'usine	62
3.6	Conclusions	63

CHAPITRE 4 - ANALYSE ECONOMIQUE DE LA RECUPERATION DES RESIDUS D'EXPLOITATION

4.1	Méthode d'analyse économique	64
4.2	Systèmes d'exploitation retenus	70
4.3	Données fondamentales	71
4.4	Dépenses annuelles nettes d'opération et investissements	73
	4.4.1 Dépenses annuelles d'opération	73

Page

4.5 Analyse économique 88
4.5.1 Coût de la biomasse récupérée 88
4.5.2 Valeur énergétique de la biomasse 92
4.5.3 Effet de l'éloignement des exploitations 93
4.5.4 Sensibilité du taux de rendement à une augmentation des investissements et des dépenses propres à l'usine de façonnage 94

CHAPITRE 5 - MISE EN COPEAUX DE L'ARBRE ENTIER EN FORET ET PURIFICATION DES COPEAUX A L'USINE

5.1 Exploitation forestière et transport 97
5.2 Procédés de purification des copeaux 98
5.3 Considérations économiques 100
5.4 Conclusion 103

CHAPITRE 6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.1 Conclusions 104
6.1.1 Quantité de résidus d'exploitation récupérable 104
6.1.2 Exploitation et transport d'arbres entiers 104
6.1.3 Usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage d'arbres entiers 106
6.1.4 Analyse économique de la récupération des résidus d'exploitation 106
6.1.5 Mise en copeaux de l'arbre entier en forêt et purification des copeaux à l'usine 107
6.2 Recommandations 108

REMERCIEMENTS 110

BIBLIOGRAPHIE 112

APPENDICE 1 - CONCEPTION ET EVALUATION D'UNE USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONÇONNAGE ET D'ECORÇAGE

APPENDICE 2 - DEPENSES FIXES D'OPERATION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ETUDIES

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	Localisation approximative des chantiers étudiés	6
2	Illustration de l'abattage mécanique et du débardage à pince	8
3	Taux de récupération des branches et des houppiers - Epinette	14
4	Taux de récupération des branches et des houppiers - Sapin	15
5	Schéma d'un complexe d'ébranchage et de tronçonnage conçu par FORANO	47
6	Ebrancheuse à fléaux FORANO	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	TAUX DE RECUPERATION DES BRANCHES (NOMBRE) ET DES HOUPPIERS (POIDS) POUR L'EPINETTE NOIRE ET LE SAPIN EN FONCTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ET DES SAISONS	12
2	REPARTITION DU TAUX DE RECUPERATION DES RESIDUS (POIDS) ENTRE LES BRANCHES ET LES HOUPPIERS ET TAUX DE RECUPERATION GLOBAL POUR L'EPINETTE NOIRE ET LE SAPIN EN FONCTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ET DES SAISONS, D'APRES UN SOUS-ECHANTILLONNAGE	13
3	POIDS (A L'ETAT VERT) DES BRANCHES ET DES HOUPPIERS RECUPERES PAR UNITE DE VOLUME MARCHAND BRUT OBSERVE DANS LES CHANTIERS DE LA SCIERIE CHIBOUGAMAU. EXPLOITATION PAR ABATTAGE MECANIQUE ET DEBARDAGE A PINCE	19
4	ESTIMATION DU POIDS DE LA BIOMASSE RECUPEREE PAR UNITE DE VOLUME MARCHAND D'APRES LES DONNEES DE R.E. KEEN	20
5	POIDS AU METRE CUBE MARCHAND D'ARBRES ENTIERS OBSERVE LORS DU CAMIONNAGE - SCIERIE CHIBOUGAMAU	21
6	DIMENSIONS, MASSE ET VOLUME DES CHARGES TRANSPORTEES . . .	33
7	REPARTITION DE LA MASSE TOTALE (EQUIPEMENT ET CHARGE) PAR ESSIEU OU GROUPE D'ESSIEUX	36
8	DUREE ET PRODUCTIVITE DU CHARGEMENT D'ARBRES ENTIERS . . .	37
9	BIOMASSE LAISSEE SOUS LES EMPILEMENTS D'ARBRES ENTIERS (BORDURE DE ROUTE)	39
10	REPARTITION DE LA BIOMASSE LAISSEE SOUS LES EMPILEMENTS D'ARBRES ENTIERS, PAR COMPOSANTE	41
11	CARACTERISTIQUES DE LA PARTIE MARCHANDE DE L'ARBRE APRES LE TRANSPORT	43

Tableau		Page
12	SYSTEMES PAR ARBRES ENTIERS	70
13	SYSTEMES PAR TRONCS ENTIERS	71
14	SOMMAIRE DES DEPENSES FIXES	74
15	VALEUR DES PRINCIPAUX PARAMETRES QUI ONT SERVI A CALCULER LES DEPENSES VARIABLES D'OPERATION DE L'EQUIPEMENT D'EXPLOITATION ET DE TRANSPORT	76
16	COUT D'OPERATION EN DOLLARS PAR HEURE PRODUCTIVE DE L'EQUIPEMENT D'EXPLOITATION ET DE TRANSPORT ET NOMBRE DE MACHINES REQUIS POUR UNE PRODUCTION ANNUELLE DE 300,000 METRES CUBES	80
17	DEPENSES VARIABLES D'EXPLOITATION	81
18	PERSONNEL REQUIS EN FORET ET A L'USINE PAR SYSTEME D'EXPLOITATION	84
19	EXPLOITATION PAR TRONCS ENTIERS: DONNEES DE BASE POUR L'ANALYSE DU FLUX MONETAIRE DU PROJET	86
20	EXPLOITATION PAR ARBRES ENTIERS: DONNEES DE BASE POUR L'ANALYSE DU FLUX MONETAIRE DU PROJET	87
21	COUT DE REVIENT (OU PRIX DE VENTE) DES BRANCHES ET HOUPPIERS RECUPERES EN FONCTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ET DE DIVERS TAUX DE RENDEMENT	91
22	COUT DE REVIENT DE LA BIOMASSE RECUPEREE, EN $ PAR TONNE ANHYDRE, EN FONCTION DE LA DISTANCE DE CAMIONNAGE ET DU TAUX DE RENDEMENT	95
23	COMPARAISON DES INVESTISSEMENTS ET DES DEPENSES ANNUELLES D'OPERATION POUR LA PRODUCTION ET LA LIVRAISON A 80 KILOMETRES DE 300,000 METRES CUBES DE BOIS MARCHAND SOUS FORME DE TRONCS ENTIERS, D'ARBRES ENTIERS OU DE COPEAUX D'ARBRES ENTIERS	102

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 - ESTIMATION DES QUANTITES RECUPERABLES DES RESIDUS D'EXPLOITATION

1. Les résidus d'exploitation traités dans cette étude sont les houppiers et les branches d'arbres résineux exploités commercialement au moyen d'opérations d'abattage, de débardage et de transport d'arbres entiers jusqu'à l'usine où la partie récupérée de ces résidus peut être utilisée à la production d'énergie.

2. Les taux de récupération des résidus d'exploitation ont été mesurés par échantillonnage en cours d'opérations forestières. Plus de 800 arbres (sapins et épinettes noires), contenus dans 55 charges de débardeurs, ont été soumis aux mesures d'échantillonnage portant sur trois modes d'exploitation et sur deux conditions climatiques (arbres gelés et non gelés), permettant d'établir des taux de récupération pour six ensembles de conditions ou scénarios de mesures.

3. Selon les scénarios de mesures, le taux de récupération des branches varie de 39% à 91% pour l'épinette noire et de 15% à 69% pour le sapin, alors que le taux de récupération des houppiers varie de 70% à 89% pour l'épinette et de 52% à 78% pour le sapin. En termes de biomasse mesurée par le poids vert, l'ensemble des résidus (branches et houppiers) présente un taux de récupération variant de 64% à 90% pour l'épinette et de 40% à 75% pour le sapin.

4. Parmi les méthodes d'exploitation observées, c'est l'abattage-portage des arbres à l'aide du Koehring KFF qui minimise les pertes de branches et de houppiers.

5. Les pertes de biomasse en cours d'exploitation sont toujours plus élevées lorsque les arbres sont gelés.

6. Les observations effectuées indiquent que la masse à l'état vert des branches et des houppiers, après abattage-débardage, se situe entre 200 et 250 kilogrammes par mètre cube de bois marchand. La saison, l'essence et le mode d'exploitation influencent la quantité de biomasse récupérée.

****

CHAPITRE 2 - EXPLOITATION ET TRANSPORT D'ARBRES ENTIERS

7. *Le camionnage d'arbres entiers est réalisable sur routes privées où les contraintes de poids, de longueur et de largeur de chargement sont beaucoup moins restrictives que sur les routes publiques.*

8. *Trois problèmes principaux surviennent au moment du chargement des arbres entiers et ralentissent cette opération. Ils sont causés par l'entrecroisement des arbres dans l'empilement, l'évasement des gerbes d'arbres saisies par la grue et la difficulté de placer les premières gerbes d'arbres par l'arrière de la remorque dans le cas du chargement bi-directionnel.*

9. *L'opération de déchargement d'arbres entiers est ralentie par l'entrecroisement des tiges dans la charge, causé par l'évasement des gerbes d'arbres lors du chargement.*

10. *L'utilisation d'une grue capable de saisir les arbres près de leur centre de gravité améliorerait la manutention des arbres entiers.*

11. *Sur routes privées, ni la vitesse ni la masse par charge des camions ne sont affectées par le mode de transport d'arbres entiers par rapport au transport de troncs entiers; seul le volume marchand transporté est réduit proportionnellement aux branches et aux houppiers récupérés.*

12. *Le volume marchand laissé en bordure de route après le chargement est en moyenne de 0.5% du volume empilé pour l'épinette et de 0.8% pour le sapin.*

13. *Un même site d'entreposage d'arbres entiers peut être utilisé à plusieurs reprises sans nécessiter de nettoyage.*

14. *Les manutentions d'arbres entiers provoquent un pourcentage de cassures dans la partie marchande des tiges; sauf dans des conditions extrêmes, ce pourcentage est tolérable chez l'épinette. Pour le sapin, le nombre de cassures observées est sujet à réduire le rendement en sciage.*

****

CHAPITRE 3 - CONCEPTION D'UNE USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE D'ARBRES ENTIERS

15. Ce rapport contient les plans et un estimé de la productivité, du coût de construction et du coût d'opération d'une usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage utilisant autant que possible des équipements connus et éprouvés.

16. L'usine est capable de traiter annuellement 300,000 mètres cubes de bois marchand. Elle contient trois unités d'ébranchage et quatre écorceuses à couteaux; elle est opérée par neuf ouvriers.

17. Un examen critique de l'usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage proposée ne révèle aucune difficulté insurmontable d'opération et établit que les risques de mauvais fonctionnement sont minimes. Toutefois, la construction et l'expérimentation d'une unité d'ébranchage, incluant les dispositifs pour l'évacuation et le broyage des résidus, est une étape essentielle à la réalisation du complexe proposé.

****

CHAPITRE 4 - ANALYSE ECONOMIQUE DE LA RECUPERATION DES RESIDUS D'EXPLOITATION

18. Pour un même système d'exploitation forestière, l'ébranchage des arbres à l'usine plutôt qu'en forêt ne cause pas de diminution sensible du nombre d'emplois. La diminution du personnel de production en forêt suite à l'élimination de l'ébranchage est compensée par une augmentation du nombre de camionneurs et du nombre d'ouvriers en usine. Le nombre de travailleurs logeant en forêt diminue cependant de quinze pour une production annuelle de 300,000 mètres cubes.

19. Le passage d'une opération de troncs entiers à une opération d'arbres entiers est sujet à être accompagné d'une mécanisation plus poussée des opérations et d'entraîner ainsi une diminution de la main-d'oeuvre totale.

20. Le passage, dans le cas de la production d'arbres entiers, de l'abattage manuel et du débardage à câbles à l'abattage-assemblage mécanique et au débardage à pince et par semi-porteur requiert un investissement additionnel

de 380,000 et génère des économies annuelles d'opération de $939,000, soit un taux de rendement sur les investissements supérieur à 1,000%. On peut donc affirmer que la livraison d'arbres entiers à l'usine entraînera l'élimination de l'abattage manuel en forêt sauf aux endroits où l'accessibilité (pentes trop raides ou sol trop mou) empêche l'utilisation des abatteuses.

21. Le coût de revient de la biomasse additionnelle récupérable lorsque les arbres sont ébranchés et étêtés à l'usine est de l'ordre de $14.00 par tonne anhydre lorsque les opérations d'abattage et de débardage sont mécanisées, et de $37.00 lorsqu'elles ne le sont pas. Il varie selon le taux de rendement exigé sur les investissements. Le coût de revient de la biomasse est établi en comparant les coûts d'exploitation, de transport et de façonnage d'un approvisionnement par arbres entiers à ceux d'un approvisionnement par troncs entiers. Tous les coûts supplémentaires encourus pour l'approvisionnement par arbres entiers, après considération des investissements et des impôts, sont chargés à la biomasse additionnelle récupérée et constituent son coût de revient. On en conclut que l'exploitation des arbres entiers avec récupération des branches et houppiers est financièrement intéressante dans la mesure où l'on mécanise l'abattage.

22. En se basant sur une valeur de $25 par baril pour l'huile lourde, on arrive à établir la valeur de la biomasse à $44 la tonne anhydre d'après les équivalences énergétiques nettes.

23. En supposant que l'on puisse vendre la biomasse récupérée $35 la tonne anhydre (environ 80% de son équivalence énergétique nette), on obtiendrait un taux de rendement aux prix réels (sans inflation) de 27% sur les investissements additionnels qu'elle requiert.

24. L'étude du coût de revient de la biomasse est basée sur une distance de transport de 80 kilomètres; une analyse de l'effet de l'éloignement sur le prix de revient révèle que cette distance peut augmenter considérablement, soit jusqu'à 200 kilomètres, tout en générant un rendement de 12% sur les investissements et en maintenant le coût de revient de la biomasse inférieur à $35 la tonne anhydre. En définitive, cette méthode de récupération des branches et des houppiers est financièrement intéressante pour presque tous les exploitants opérant sur route privée et en mesure de tirer profit du contenu énergétique de la biomasse.

****

CHAPITRE 5 - MISE EN COPEAUX DE L'ARBRE ENTIER EN FORET ET PURIFICATION DES COPEAUX A L'USINE

25. Il est fort probable à court terme qu'un procédé de purification des copeaux d'arbres entiers soit opérationnel et éprouvé à l'échelle industrielle. L'existence d'un tel procédé favoriserait une récolte maximale de biomasse forestière par la mise en copeaux d'arbres entiers en bordure de route. Cette approche, en autant que l'exploitation forestière et le sciage sont concernés, est déjà techniquement au point et efficace.

26. Les quelques données économiques disponibles sur les procédés de purification des copeaux indiquent que cette approche est probablement aussi avantageuse que l'approvisionnement et le traitement d'arbres entiers pour la récupération d'un maximum de biomasse énergétique.

****

CHAPITRE 6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

27. L'absence actuelle d'équipements d'ébranchage conçus pour opérer en usine est l'élément qui risque de retarder l'adoption de méthodes d'approvisionnement par arbres entiers en vue de la récupération des branches et des houppiers pour fins énergétiques. Toutefois, la conception de tels équipements semble techniquement réalisable et il est à espérer que des prototypes seront construits à court terme.

28. Le coût de revient de la biomasse récupérée et transportée sur routes privées est tellement inférieur à la valeur énergétique équivalente en huile lourde que l'étude des moyens de transport des arbres entiers sur routes publiques est recommandée. Ceci permettrait de vérifier jusqu'à quel point les restrictions imposées au transport sur routes publiques peuvent constituer un obstacle économique à la récupération des branches et des houppiers en usine, tel que préconisé dans cette étude.

****

INTRODUCTION

La fibre marchande des arbres résineux exploités dans l'est du Canada correspond à peu près à 60% de la masse de ces arbres. La masse restante, soit 40%, composée de houppiers, de branches et d'écorce, forme les résidus de l'exploitation forestière et constitue une immense source d'énergie potentielle dont la mise en valeur ne pourra être réalisée sans la démonstration de méthodes pratiques et économiques de la récupérer et de l'acheminer à un utilisateur.

Les résidus d'exploitation forestière, étant très abondants et pouvant être récupérés comme sous-produit de l'exploitation industrielle de la forêt, occupent le premier rang de la biomasse énergétique. La mise en valeur du potentiel énergétique de la biomasse est l'un des sujets les plus importants dans l'ensemble des recherches auxquelles se livrent actuellement les pays industrialisés pour trouver des sources renouvelables d'énergie.

L'étude faisant l'objet de ce rapport se veut une contribution aux efforts de mise en valeur des résidus de l'exploitation forestière à des fins énergétiques. Son objectif ultime est de fournir aux exploitants forestiers les renseignements dont ils ont besoin pour apprécier le potentiel économique des résidus forestiers générés par leurs exploitations et de les amener à examiner attentivement leur propre situation afin de vérifier s'ils ne négligent pas une source de revenus attrayante en ébranchant et étêtant les arbres sur le parterre de coupe.

Ce rapport est présenté en cinq volets, chacun faisant l'objet d'un chapitre se définissant comme suit:

Chapitre 1: ESTIMATION DES QUANTITES RECUPERABLES DES RESIDUS D'EXPLOITATION

Chapitre 2: EXPLOITATION ET TRANSPORT D'ARBRES ENTIERS

Chapitre 3: CONCEPTION D'UNE USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE D'ARBRES ENTIERS

Chapitre 4: ANALYSE ECONOMIQUE DE LA RECUPERATION DES RESIDUS D'EXPLOITATION

Chapitre 5: MISE EN COPEAUX DE L'ARBRE ENTIER EN FORET ET PURIFICATION DES COPEAUX A L'USINE

CHAPITRE 1

ESTIMATION DES QUANTITES RECUPERABLES DES RESIDUS D'EXPLOITATION

Les résidus d'exploitation traités dans cette étude sont les houppiers et les branches d'arbres résineux exploités commercialement par des opérations d'abattage et de débardage d'arbres entiers. Plus spécifiquement, l'étude porte sur les résidus du sapin baumier et de l'épinette noire, principales essences résineuses exploitées dans l'est du Canada.

Ce chapitre rapporte les estimations de résidus en termes de taux de récupération et de masse à partir d'observations et de mesures recueillies par échantillonnage sur des chantiers de coupe en opération au cours de la saison 1979/80.

Les mesures ont porté sur trois systèmes d'exploitation d'arbres entiers et ont été effectuées en deux phases distinctes quant aux conditions climatiques - automne et hiver - pour permettre d'apprécier l'effet du gel des arbres sur le taux de récupération des résidus.

1.1 Méthode d'échantillonnage et techniques utilisées pour la mesure des résidus

Les mesures prélevées lors des travaux sur le terrain permettent, en plus d'établir la masse de résidus (branches et houppiers) récupérés après exploitation, de déterminer la proportion qu'ils représentent par rapport à leur masse en forêt. Ainsi, en supposant que la proportion de résidus récupérés est propre aux systèmes d'exploitation et aux essences, on peut estimer la masse de résidus récupérables pour toute autre forêt dont la composition en biomasse est connue.

Plusieurs séries de mesures ont été effectuées, chacune appropriée à une essence, à un système d'exploitation et à une condition climatique (arbres gelés ou non gelés), pour constituer un échantillonnage apte à

produire un éventail de données aussi large que possible. Sous contrainte des disponibilités de conditions rencontrées sur le terrain au cours des opérations étudiées, six ensembles ou scénarios de mesures des résidus (branches et houppiers) ont été complétés; ces scénarios sont définis comme suit:

SCENARIO	ESSENCE	SYSTEME D'EXPLOITATION	CONDITIONS CLIMATIQUES
1	Epinette noire	Abattage mécanique Débardeur à pince	Arbres non gelés
2	Epinette noire	" "	Arbres gelés
3	Epinette noire	Abattage-portage (Koehring KFF)	Arbres non gelés
4	Epinette noire	" "	Arbres gelés
5	Sapin baumier	Abattage mécanique Débardeur à pince	Arbres non gelés
6	Sapin baumier	Abattage à la scie à chaîne Débardeur à câbles	Arbres gelés

La charge du débardeur, plutôt que l'arbre individuel, a été retenue comme unité d'échantillonnage pour tenir compte des bris subis par les branches et les houppiers au cours du débardage, ces bris dépendant de la position des arbres dans la charge. On peut en effet observer lors du débardage que seuls les arbres sur le dessus et au milieu de la charge sont assez bien protégés, alors que les arbres sous la charge sont brisés par frottement sur le sol et que ceux sur les côtés sont brisés par divers obstacles rencontrés sur leur passage. La mesure des branches et des houppiers de tous les arbres d'une charge de débardeur, prise comme unité d'échantillonnage, permet de refléter avec exactitude les diverses conditions de bris mentionnées plus haut.

Les données recueillies sur chacun des arbres d'une charge de débardeur examinée sont énumérées ci-après:

- Nombre de branches vivantes présentes sur la partie marchande de l'arbre (partie du tronc dont le diamètre avec écorce est supérieur à 9 cm).
- Nombre de branches vivantes cassées sur la partie marchande de l'arbre (une branche cassée à plus de 60 cm du tronc est considérée présente).
- Poids du houppier en kilogrammes avec une précision de 500 grammes (partie de l'arbre dont le diamètre du tronc est inférieur à 9 cm).
- Longueur du houppier et de la partie marchande de l'arbre en mètres et décimètres.
- Défilement de l'arbre par mesure du diamètre sans écorce à chaque 2.5 mètres le long de la tige (pour la construction de tarifs de cubage).

Les données appropriées à chacun des six scénarios énumérés en page 3 ont été compilées et soumises à l'analyse statistique pour établir les taux de récupération des branches vivantes et des houppiers.

La proportion des branches vivantes récupérées s'établit par le rapport des branches présentes ou entières sur la somme des branches présentes et des branches cassées.

Pour les houppiers, la proportion récupérée s'établit par la comparaison de leur poids moyen après débardage, donc en bordure de route, avec le poids moyen de houppiers pesés en forêt et provenant d'arbres voisins de ceux pesés à la route.

Les taux ainsi calculés peuvent sous-estimer la biomasse totale récupérée au cours d'exploitations d'arbres entiers puisqu'ils ne tiennent pas compte des branches cassées qui restent accrochées aux arbres jusqu'au terme du débardage, ni des arbres non marchands sujets à être récoltés avec les arbres marchands en plus ou moins grande abondance selon les peuplements récoltés et la méthode d'exploitation.

1.2 Localisation et description des exploitations étudiées

Les travaux de mesures sur le terrain ont été exécutés en collaboration avec la compagnie Donohue, dans les chantiers de sa filiale, la Scierie Chibougamau, situés à 100 kilomètres au nord-ouest de St-Félicien, et avec la compagnie Consolidated-Bathurst Ltée, dans ses chantiers situés à 70 kilomètres au sud des opérations de la Scierie Chibougamau. Ces chantiers sont localisés sur la figure 1 en page suivante.

Selon les possibilités offertes par le caractère des opérations en cours et la nature des peuplements exploités, les six scénarios de mesures énumérés en page 3 et effectués sur les chantiers mentionnés au paragraphe précédent se répartissent comme suit:

Septembre et octobre 1979 (arbres non gelés)

- Abattage mécanique et débardage par débardeur à pince de peuplements d'épinette noire (Scénario 1) et de peuplements de sapin (Scénario 5) situés dans les chantiers de la Scierie Chibougamau.

  Les photos 1 et 2 illustrent l'abattage et le débardage selon cette méthode d'exploitation et la figure 2 en présente le schéma.

- Abattage-portage par abatteuse-porteuse Koehring KFF, illustrée aux photos 3 et 4, de peuplements d'épinette noire (Scénario 3) situés dans les chantiers de Consolidated-Bathurst Ltée.

  L'abatteuse-porteuse Koehring KFF abat les arbres à l'aide d'une tête d'abattage accumulatrice et les dépose en position horizontale dans une benne, située à l'arrière de la cabine, et pouvant recevoir de 100 à 150 arbres. Lorsque la benne est pleine, la machine se rend à la route (photo 3) et se décharge en basculant la benne par l'arrière (photo 4). Cette benne est conçue de façon à ce que les arbres soient entièrement portés, d'où un faible risque de bris des branches et des houppiers au cours du débardage. De plus, l'accumulation de terre ou autre débris dans les houppiers est réduite au minimum.

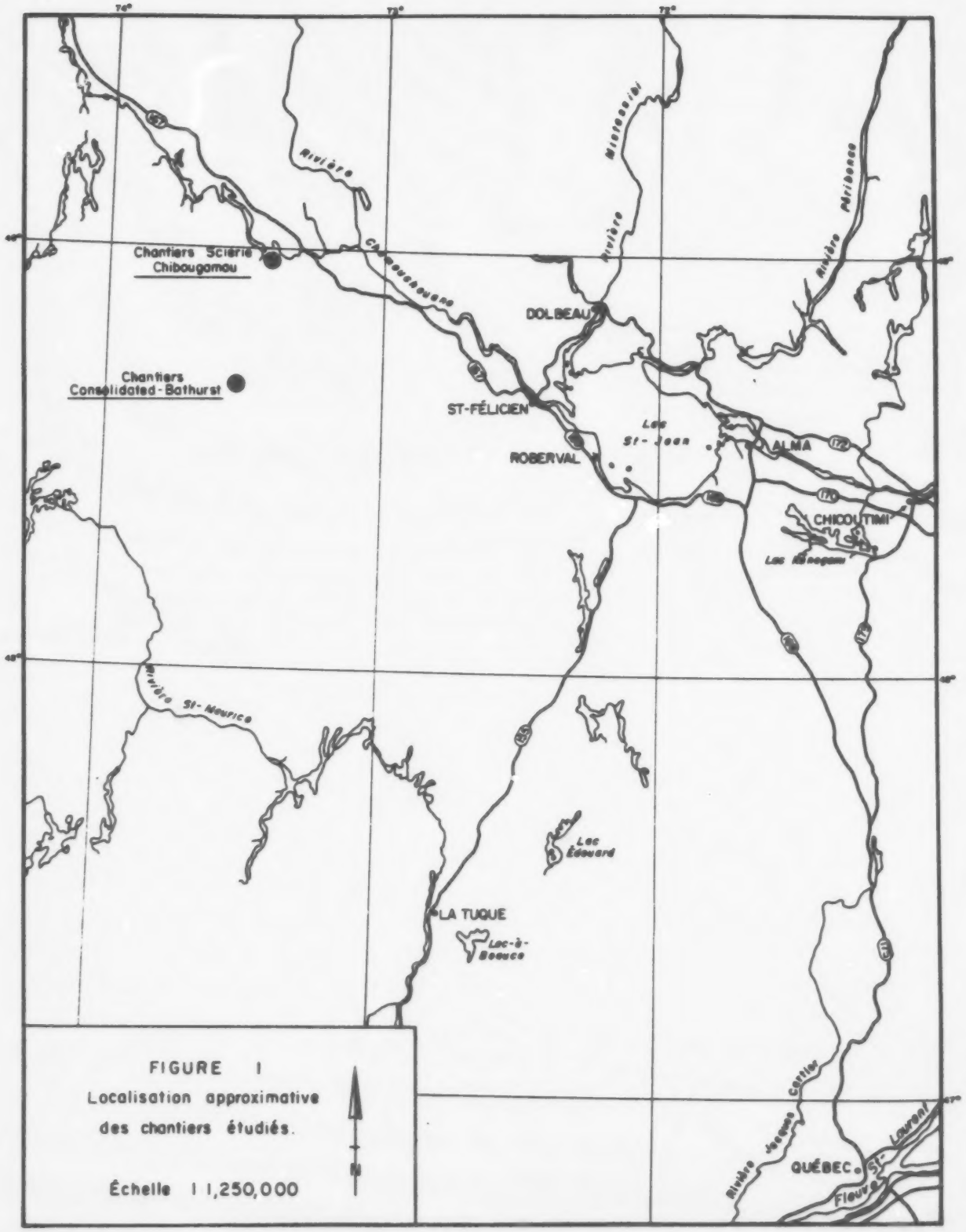


FIGURE 1
Localisation approximative des chantiers étudiés.

Échelle 1 1,250,000

Photo 1: Abattage mécanique par une abatteuse-gerbeuse sur chenilles

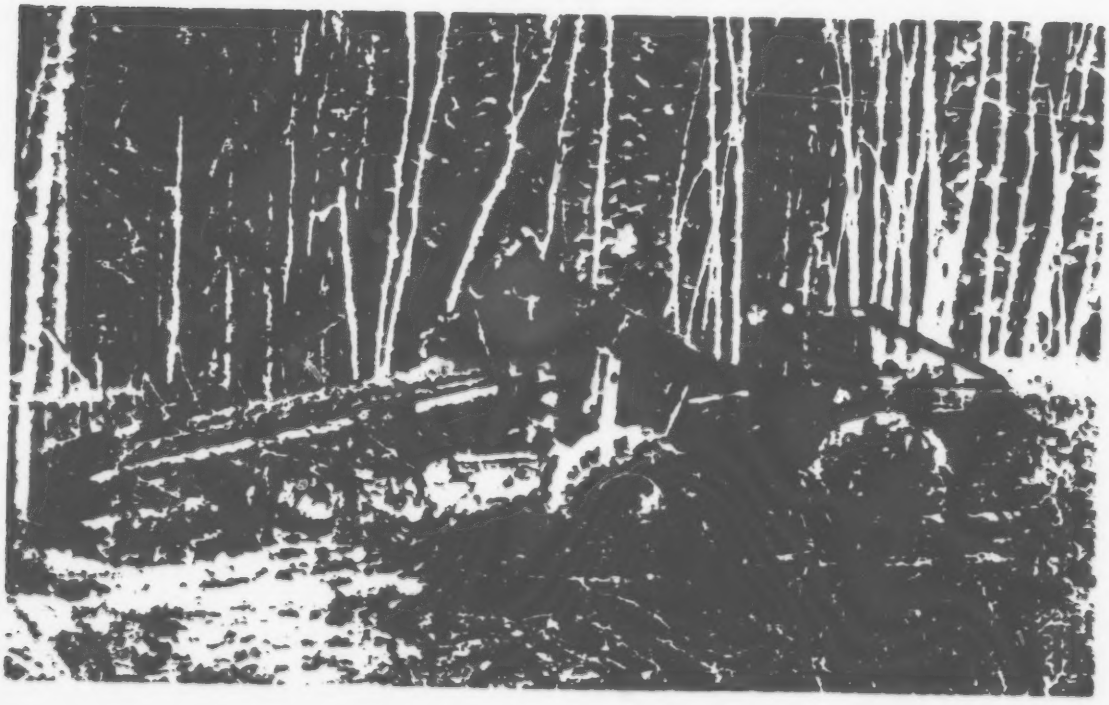


Photo 2: Débardeur à pince

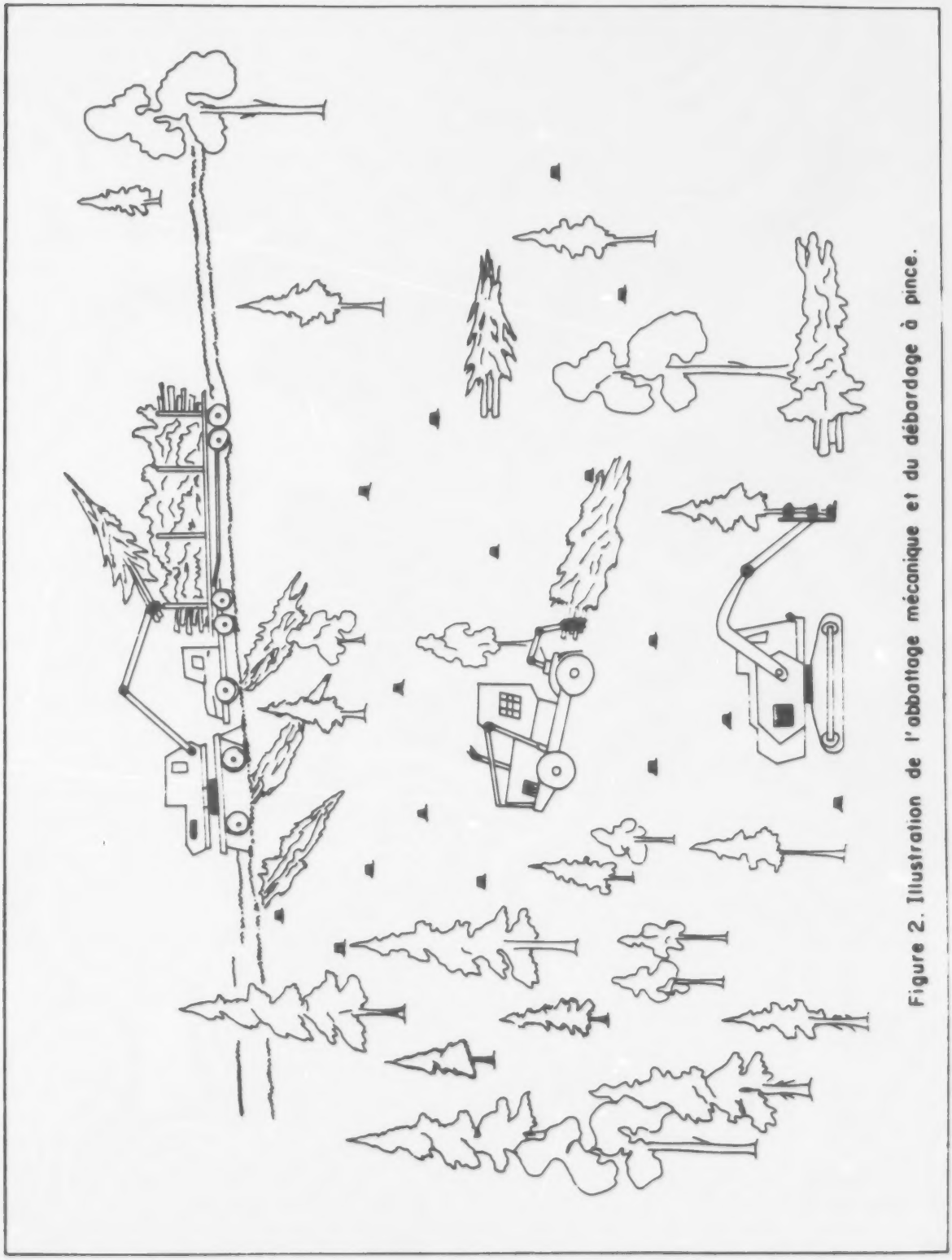


Figure 2. Illustration de l'abattage mécanique et du débardage à pince.

Photo 3: Abatteuse-porteuse Koehring KFF se dirigeant vers la route

Photo 4: Abatteuse-porteuse Koehring KFF se déchargeant

Janvier et février 1980 (arbres gelés)

- Abattage mécanique et débardage par débardeur à pince de peuplements d'épinette noire (Scénario 2) dans les chantiers de la Scierie Chibougamau.
- Abattage à la scie mécanique et débardage par un débardeur à câbles d'un peuplement de sapin fortement endommagé par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Scénario 6), situé dans les chantiers de la Scierie Chibougamau.

  L'exploitation d'hiver dans ces chantiers n'a pas permis d'études dans des peuplements de sapin sains ou moins endommagés.
- Abattage-portage par abatteuse-porteuse Koehring KFF, de peuplements d'épinette noire (Scénario 4) dans les chantiers de Consolidated-Bathurst Ltée.

  Les opérations en cours dans les chantiers de Consolidated-Bathurst n'ont pas donné accès à des peuplements de sapin, ni à l'automne ni à l'hiver.

Cette étude des résidus aurait pu porter sur plusieurs autres systèmes d'exploitation plus ou moins différents des systèmes observés; cependant, ces derniers étant les plus répandus, leur observation a été jugée suffisante aux besoins du projet.

1.3 Caractéristiques des peuplements

Toutes les mesures de résidus ont porté sur des peuplements purs d'épinette noire ou de sapin.

Les peuplements d'épinette noire étudiés tant sur les chantiers de la Scierie Chibougamau que sur ceux de Consolidated-Bathurst présentaient sensiblement les mêmes caractéristiques, soit une forte densité du couvert, des tiges de faible diamètre, un volume marchand à l'hectare de l'ordre de 150 mètres cubes et un volume marchand à l'arbre d'environ 130 décimètres cubes.

Le peuplement de sapin, exploité à l'automne par abattage et débardage mécanique, présentait une moins forte densité de couvert que les peuplements d'épinette décrits ci-dessus, un volume marchand à l'hectare de 160 mètres cubes et un volume moyen à l'arbre de 180 décimètres cubes. Quoiqu'ayant subi l'attaque de la tordeuse des bourgeons, ce peuplement était encore très sain.

Le peuplement de sapin étudié en hiver, exploité à la scie mécanique, avait une faible densité de couvert; composé de gros arbres et abondamment régénéré en sous-étage, ce peuplement fortement endommagé par la tordeuse des bourgeons présentait un volume marchand à l'hectare de 120 mètres cubes et un volume moyen à l'arbre de 260 décimètres cubes.

1.4 Taux de récupération des résidus après l'abattage et le débardage

Les travaux sur le terrain ont porté sur 837 arbres contenus dans 55 charges de débardeur réparties dans les divers scénarios étudiés.

Dans tous les cas étudiés, les distances de débardage variaient de 100 à 250 mètres. Tous les arbres contenus dans les charges de débardeurs à pince et de débardeurs à câbles ont été mesurés, alors que seulement un arbre sur quatre a été mesuré dans les charges de l'abatteuse-porteuse pouvant contenir plus de 120 arbres. Dans ce dernier cas, les arbres à mesurer ont été triés dans la charge au moyen d'une grue hydraulique à mât articulé permettant de défaire la charge et d'en isoler les arbres sélectionnés, assurant ainsi un échantillonnage uniformément réparti.

La compilation et l'analyse des données recueillies sur le terrain ont permis d'établir les taux de récupération des résidus consignés aux tableaux 1 et 2 et présentés graphiquement aux figures 3 et 4.

Ces taux de récupération des résidus englobant branches et houppiers varient de .40 à .90 selon les scénarios, le taux le plus bas s'appliquant

Tableau 1

TAUX DE RECUPERATION DES BRANCHES (NOMBRE) ET DES HOUPPIERS (POIDS)
POUR L'EPINETTE NOIRE ET LE SAPIN EN FONCTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ET DES SAISONS

SCENARIOS DE MESURES	CHARGES DE DEBARDEUSE	ARBRES ETUDIES	BRANCHES (1)				HOUPPIERS (2)			
			N1	N2	% RECUP.	ECART TYPE (3)	P1 (kg)	P2 (kg)	% RECUP.	ECART TYPE (3)
EPINETTE NOIRE										
Abattage mécanique, débardage à pince:										
- Arbres non gelés (Sc.1)	7	106	20.9	10.9	0.52	0.023	34.6	25.7	0.74	0.049
- Arbres gelés (Sc.2)	16	283	13.5	5.2	0.38	0.051	27.2	19.1	0.70	0.013
Abattage-portage:										
- Arbres non gelés (Sc.3)	3	86	25.7	23.4	0.91	0.004	41.1	36.7	0.89	0.033
- Arbres gelés (Sc.4)	5	129	30.5	19.2	0.63	0.057	30.1	22.7	0.75	0.044
SAPIN										
Abattage mécanique, débardage à pince:										
- Arbres non gelés (Sc.5)	9	100	24.7	17.1	0.69	0.047	26.5	20.6	0.78	0.060
Abattage manuel, débardage à câbles:										
- Arbres gelés (4) (Sc.6)	15	133	26.6	4.0	0.15	0.041	20.6	10.7	0.52	0.035

(1) N1: Nombre moyen de branches vivantes par arbre
N2: Nombre moyen de branches récupérées par arbre

(2) P1: Poids moyen des houppiers en forêt
P2: Poids moyen des houppiers à la route

(3) Mesure de la variation observée d'un voyage à l'autre

(4) Les taux de récupération obtenus pour ce peuplement fortement endommagé par la tordeuse des bourgeons de l'épinette ne sont pas applicables à un peuplement sain.

Tableau 2

REPARTITION DU TAUX DE RECUPERATION DES RESIDUS (POIDS) ENTRE LES BRANCHES ET LES HOUPPIERS ET TAUX DE RECUPERATION GLOBAL POUR L'EPINETTE NOIRE ET LE SAPIN EN FONCTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ET DES SAISONS, D'APRES UN SOUS-ECHANTILLONNAGE

SCENARIOS DE MESURES	ARBRES ETUDIES (1)	POIDS MOYEN DES BRANCHES A LA ROUTE		POIDS MOYEN DES HOUPPIERS A LA ROUTE		POIDS MOYEN DES BRANCHES ET HOUPPIERS A LA ROUTE		% RECUPERATION GLOBALE (2)
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	
EPINETTE NOIRE								
Abattage mécanique, débardage à pince:								
- Arbres non gelés (Sc. 1)	18	6.4	19.0	27.4	81.0	33.8	100	0.69
- Arbres gelés (Sc. 2)	44	2.9	12.5	19.9	87.5	22.8	100	0.64
Abattage-portage:								
- Arbres non gelés (Sc. 3)	13	8.1	19.7	33.2	80.3	41.3	100	0.90
- Arbres gelés (Sc. 4)	20	8.1	24.3	25.4	75.7	33.5	100	0.72
SAPIN								
Abattage mécanique, débardage à pince:								
- Arbres non gelés (Sc. 5)	16	9.2	31.5	20.0	68.5	29.2	100	0.75
Abattage manuel, débardage à câbles:								
- Arbres gelés (3) (Sc. 6)	22	2.0	12.5	14.1	87.5	16.1	100	0.40

(1) La pesée des branches a été effectuée pour un arbre sur sept.

(2) % du poids des branches et des houppiers récupérés par rapport au total du poids moyen des branches et du poids moyen des houppiers en forêt.

(3) Les taux de récupération obtenus pour ce peuplement fortement endommagé par la tordeuse des bourgeons de l'épinette ne sont pas applicables à un peuplement sain.

FIGURE 3. TAUX DE RÉCUPÉRATION DES BRANCHES ET DES HOUPPIERS — ÉPINETTE

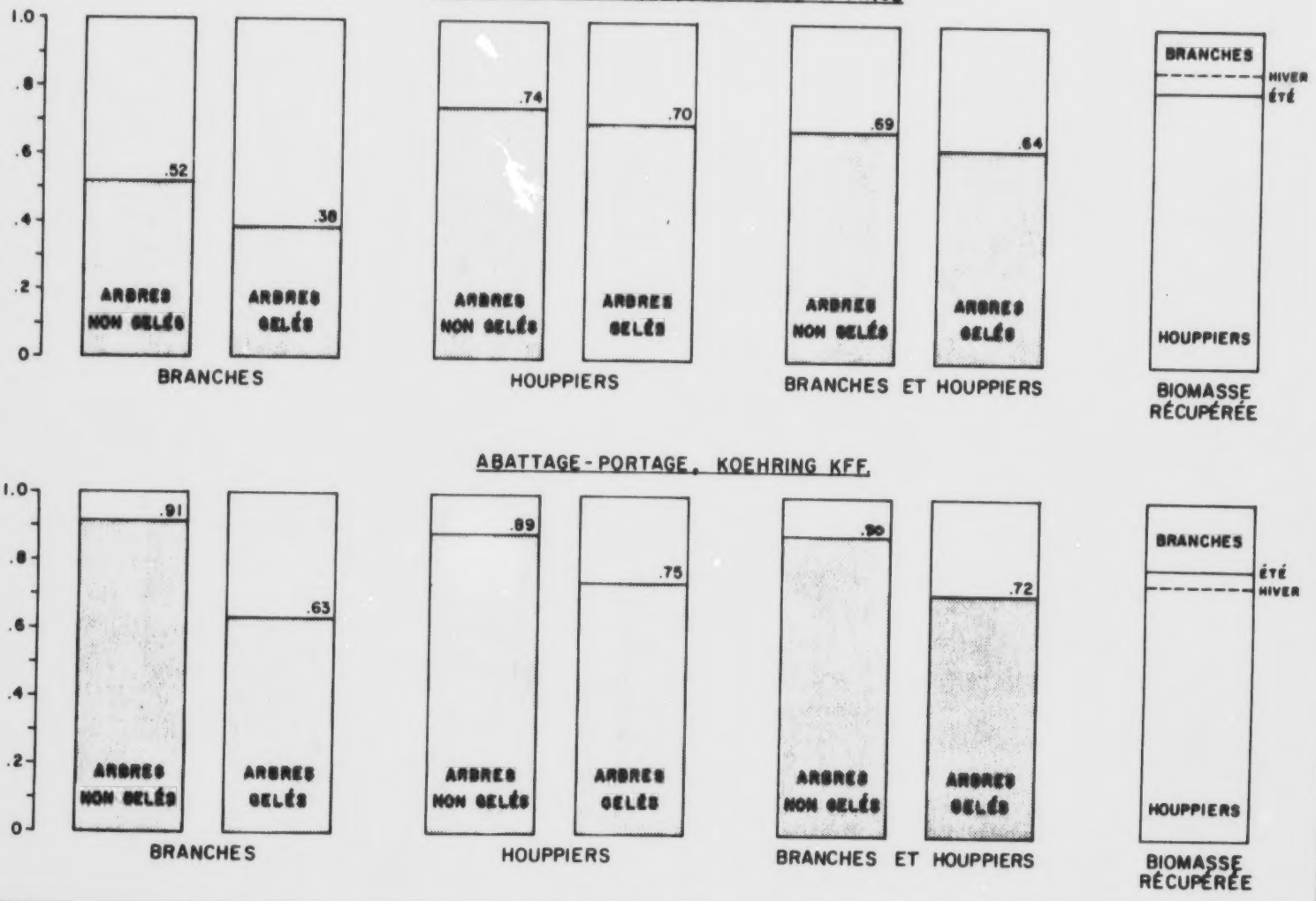
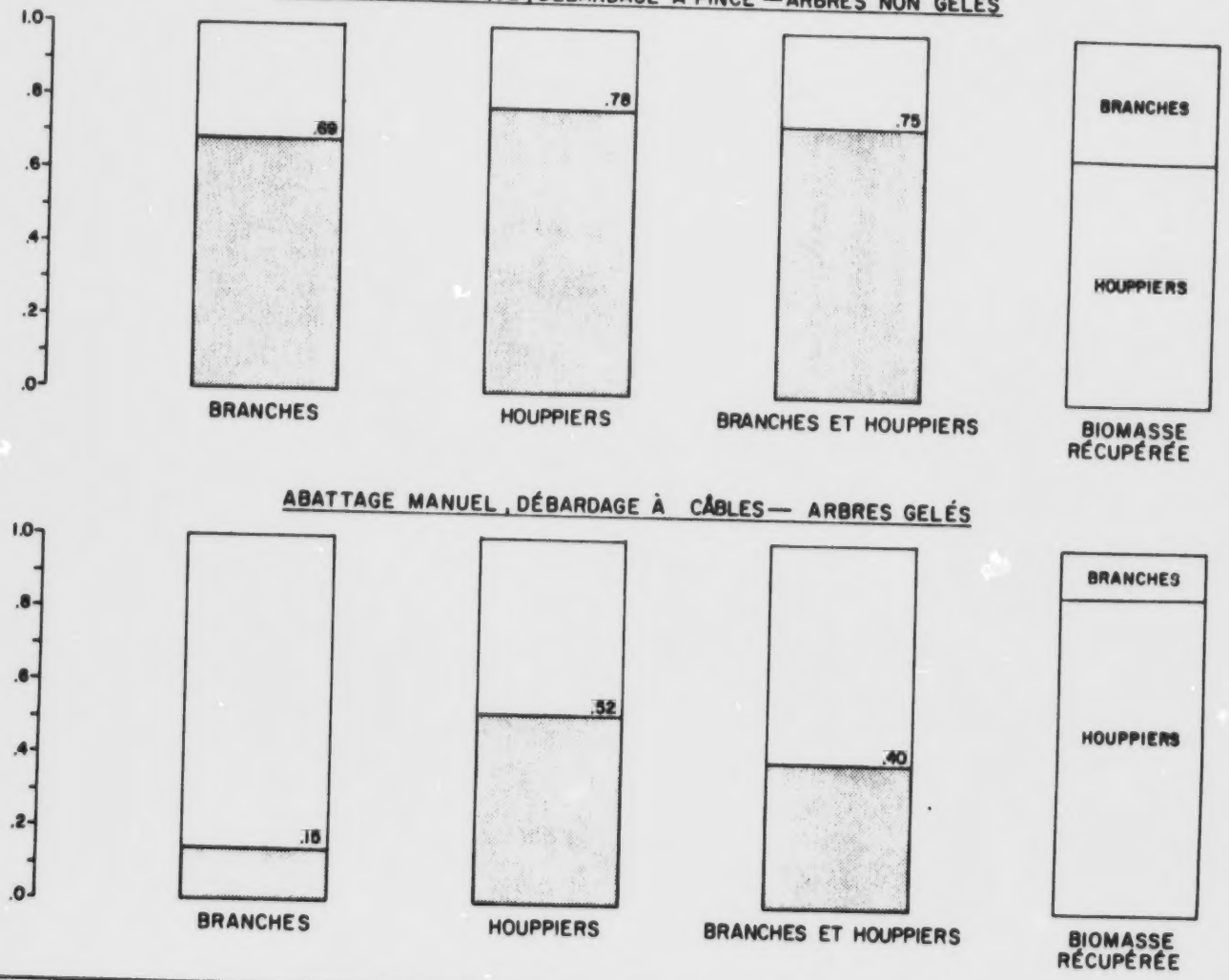


FIGURE 4. TAUX DE RÉCUPÉRATION DES BRANCHES ET DES HOUPPIERS — SAPIN



au scénario 6 (abattage manuel et débardage à câbles d'arbres gelés - peuplement de sapin fortement endommagé par la tordeuse des bourgeons) et le taux le plus haut correspondant au scénario 3 (abattage-portage d'arbres non gelés - peuplements d'épinette noire).

1.4.1 Récupération des branches

Au tableau 1, on peut observer que le taux de récupération du nombre de branches diminue sensiblement pour les arbres gelés, par rapport aux arbres non gelés. Ce résultat réflète la plus grande sensiblité aux bris des branches d'arbres manutentionnés en hiver plutôt qu'en été, due à la plus grande rigidité du bois gelé.

Ce taux varie de 52% à 38% et de 91% à 63% dans les deux cas d'exploitation se rapportant à l'épinette noire alors que l'écart s'étend de 69% à 15% dans le cas du sapin. Ce dernier écart est cependant amplifié d'une proportion non définie en raison de la nature des peuplements de sapin en cause et des méthodes de récolte différentes pour chacun de ces peuplements.

Cependant, pour l'épinette noire, il apparaît que l'abattage-portage favorise une meilleure récupération des branches que l'abattage mécanique combiné au débardage à pince, le premier système permettant d'amener à la route la presque totalité de l'arbre.

1.4.2 Récupération des houppiers

Comme pour les branches, et sans doute pour les mêmes raisons, les taux de récupération des houppiers, exprimés par rapport au poids au tableau 1, diminuent pour les arbres gelés passant de 74% à 70% et de 89% à 75% dans les deux cas d'exploitation d'épinette noire et de 78% à 52% dans ceux observés pour le sapin.

On notera que dans tous les cas, les houppiers gelés sont plus légers que les houppiers non gelés, confirmant les données rapportées par R.E. Keen (1963).

Pour l'exploitation de l'épinette noire, l'abattage-portage est aussi le système permettant le meilleur taux de récupération des houppiers.

1.4.3 Taux de récupération global (branches et houppiers)

Le tableau 2 exprime les taux de récupération calculés selon les poids moyens des branches et des houppiers à la route, soit après le débardage. Ces taux sont le résultat de mesures prises sur une fraction (1 sur 7) des arbres mesurés aux fins du tableau 1.

Les poids moyens des houppiers rapportés au tableau 2 diffèrent quelque peu de ceux rapportés au tableau 1 puisqu'ils proviennent d'un sous-échantillonnage (1 sur 7).

Le taux de récupération global (branches et houppiers), rapporté au tableau 2 pour chacun des scénarios étudiés, a été calculé en comparant au poids total des branches et des houppiers (récupérés et non récupérés), pris comme la valeur de 100%, le poids des branches et des houppiers obtenu par les mesures du sous-échantillonnage. Ce calcul a été effectué en rapportant les poids donnés au tableau 2 à une valeur de 100% selon les taux de récupération donnés au tableau 1. Dans le cas des branches, on a retenu l'hypothèse que le taux de récupération en nombre équivaut au taux de récupération en poids.

Sauf pour le scénario 3, le taux de récupération des branches est moins élevé que celui des houppiers, mais comme les houppiers représentent environ 80% des résidus récupérés, le taux de récupération global se rapproche davantage du taux de récupération des houppiers.

Au total, la variation des taux de récupération des résidus est sensible aux conditions de gel des arbres, particulièrement dans le cas de l'exploitation de peuplements d'épinette noire par abattage-portage où le taux global passe de .90 pour les arbres non gelés à .72 pour les arbres gelés. Cette variation est moins prononcée dans le cas de l'abattage mécanique et du débardage à pince (de .69 à .64), mais ce système d'exploitation génère un taux de récupération largement inférieur à l'abattage-portage.

1.5 Biomasse récupérée

La masse de houppiers et de branches récupérée par unité de volume marchand de fibre a été calculée de trois façons différentes décrites ci-dessous:

1.5.1 Masse des houppiers et des branches par unité de volume marchand brut

Les observations prélevées sur les arbres échantillonnés dans les chantiers de la Scierie Chibougamau ont permis d'estimer les valeurs suivantes:

- le poids des houppiers
- le poids des branches
- le poids des arbres non marchands
- le volume des arbres marchands

Ces renseignements ont servi à établir le poids de biomasse par unité de volume marchand tel que rapporté au tableau 3. Les arbres non marchands sont ceux qui faisaient partie des charges de débusqueuses étudiées. Toutefois, comme l'exploitant cherchait à éviter ces arbres le plus possible, leur proportion par rapport aux arbres marchands est moindre qu'en forêt.

Tableau 3

POIDS (A L'ETAT VERT) DES BRANCHES ET DES HOUPPIERS RECUPERES PAR UNITE DE VOLUME MARCHAND BRUT OBSERVE DANS LES CHANTIERS DE LA SCIERIE CHIBOUGAMAU. EXPLOITATION PAR ABATTAGE MECANIQUE ET DEBARDAGE A PINCE

ESSENCE	SAISON	HOUPPIERS	BRANCHES	ARBRES NON MARCHANDS	TOTAL
		(Kg/m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
Epinette	Automne	189	34	20	243
	Hiver	189	28	10	227
Sapin	Automne	142	63	5	210

Le volume des épinettes abattues et débardées par abatteuse-porteuse dans les chantiers de la Consolidated-Bathurst n'a pas été déterminé et les arbres non marchands n'y ont pas été pesés. Toutefois, en appliquant à ces arbres les tarifs de cubage établis à la Scierie Chibougamau, les résultats suivants ont été obtenus:

	HOUPPIERS	BRANCHES (Kg/m3)	TOTAL
Automne	230	56	286
Hiver	136	44	180

1.5.2 Masse des houppiers et des branches d'après la connaissance de la biomasse en forêt

Les travaux de R.E. Keen (1963) ont établi le poids des arbres marchands par composante. Les taux de récupération présentés au tableau 2 ont été appliqués aux valeurs de Keen et le résultat en est présenté au tableau 4. Les valeurs obtenues sont considérablement supérieures à celles données au tableau 3; des différences au niveau de la biomasse des branches et des houppiers dans chaque cas peuvent expliquer ce fait.

Tableau 4

ESTIMATION DU POIDS DE LA BIOMASSE RECUPEREE PAR UNITE DE VOLUME MARCHAND D'APRES LES DONNEES DE R.E. KEEN (1963)

	POIDS VERT DES BRANCHES ET HOUPPIERS (kg/m3)	TAUX DE RECUPERATION	POIDS DE DE LA BIOMASSE RECUPEREE (kg/m3)
Peuplements d'épinette			
Abattage mécanique, débardage à pince			
- Arbres non gelés	380	.69	262
- Arbres gelés	380	.64	243
Abattage-portage			
- Arbres non gelés	380	.90	342
- Arbres gelés	380	.72	274
Peuplements de sapin			
Abattage mécanique, débardage à pince			
- Arbres non gelés	470	.75	352

1.5.3 Biomasse par unité de volume d'après les données sur le camionnage

A la Scierie Chibougamau, 5,428 sapins et 6,267 épinettes, représentant des volumes marchands respectifs de 1,218 et 810 mètres cubes, ont été chargés sur camion et transportés jusqu'à l'usine. Chaque charge de camion a été pesée et mesurée au volume solide.

Le tableau 5 montre le poids moyen observé par mètre cube de bois marchand et l'écart-type de cette moyenne. Le poids moyen varie sensiblement selon les essences, le moment de l'abattage et celui du transport.

Tableau 5

POIDS AU METRE CUBE MARCHAND D'ARBRES ENTIERS OBSERVE LORS DU CAMIONNAGE - SCIERIE CHIBOUGAMAU

DATE ABATTAGE	DATE DE TRANSPORT	NOMBRE VOYAGES	POIDS/m3 MARCHAND	
			MOYENNE	ECART-TYPE
			(kg/m3)	(kg/m3)
Epinette				
Sept. & oct.	Octobre	8	1,169	61
Sept. & oct.	Janvier	4	1,339	90
Janv. & fév.	Février	6	952	15
Janv. & fév.	Mai	5	1,124	39
TOUS	TOUS	23	1,117	36
Sapin				
Sept. & oct.	Octobre	8	1,106	25
Sept. & oct.	Janvier	5	1,192	27
Janv. & fév. (A)	Février	8	751 (A)	12
Janv. & fév. (A)	Mai	7	834 (A)	10
TOUS	TOUS	28	913	33

(A) L'état de dégradation du peuplement de sapin ayant servi à ces tests empêche de généraliser ces résultats à des peuplements sains.

Les arbres qui ont séjourné en forêt durant l'hiver se sont toujour avérés plus pesants au mètre cube marchand. La présence de neige et de glace dans les houppiers et sur le tronc explique cet excédent de poids. L'estimé du poids par mètre cube marchand est donc plus juste pour les arbres transportés quelques jours après leur abattage.

La comparaison du poids moyen des épinettes récoltées à l'automne à celui de celles récoltées en hiver indique une différence de 217 kilogrammes, soit considérablement plus que ce que la différence de

taux de récupération des résidus (0.69 contre 0.64, voir tableau 2) peut justifier. Il faut remarquer que l'écart-type des observations sur l'épinette récoltée à l'automne est très élevé, 61 kg, et qu'en définitive, même si la différence entre l'automne et l'hiver est statistiquement significative, sa valeur est assez imprécise.

Pour le sapin, même si les observations sont plus précises (écarts-types plus faibles), la différence entre l'hiver et l'automne, qui est de 355 kilogrammes au mètre cube marchand, est supérieure à ce que la différence du taux de récupération des résidus indique. L'état de mortalité avancé du peuplement récolté en hiver a sans doute entraîné un taux d'humidité moyen sensiblement inférieur, ce qui a amplifié la différence.

Tous les arbres qui ont été transportés ont été ébranchés puis à nouveau chargés sur camion et pesés. La différence observée entre le poids des arbres entiers et celui des troncs est de 457 tonnes pour un volume marchand de 2,028 mètres cubes, soit une moyenne de 255 kg de biomasse laissée au site d'ébranchage par mètre cube de bois marchand.

Les arbres abattus en hiver et transportés en mai ont été mis en tas individuels afin de pouvoir comparer pour chaque voyage le poids des arbres entiers à celui des troncs entiers. Les résultats suivants ont été obtenus:

ESSENCE	NOMBRE DE VOYAGES	DIFFERENCE DE POIDS/M^3	
		MOYENNE (kg/m^3)	ECART-TYPE (kg/m^3)
Epinette	5	396	35
Sapin	7	120	6

La forte différence de poids entre les arbres entiers et les troncs entiers pour l'épinette (396 kg par m^3) est due à la présence de glace et d'eau dans les houppiers. Ce n'était pas le cas pour le sapin

1.6 Conclusions

La récolte des forêts à l'aide d'une abatteuse-porteuse, telle la Koehring KFF, réduit au minimum les pertes de biomasse au cours de l'exploitation forestière. Les mesures effectuées indiquent que cette méthode d'exploitation permet de récupérer environ 90% des branches et des houppiers pour l'épinette en automne et environ 70% en hiver.

L'emploi d'une abatteuse-assembleuse pour l'abattage des arbres et d'une débardeuse à pince pour leur débardage à la route cause une plus grande perte de biomasse que l'abatteuse-porteuse. Le taux de récupération des branches et des houppiers en automne est d'environ 70% pour l'épinette et 75% pour le sapin. En hiver, il est d'environ 65% pour l'épinette; il n'existe pas de mesure comparative pour le sapin.

Les diverses observations effectuées permettent d'établir que la masse des branches et des houppiers récupérée au cours de l'exploitation par arbre entier varie de 200 à 250 kilogrammes (poids vert) par mètre cube de bois marchand. La saison, l'essence et le mode d'exploitation influencent le taux de récupération. L'écorce de la partie marchande du tronc pèse environ 100 kilogrammes (poids vert) par mètre cube, pour une masse totale de biomasse de 300 à 350 kg.

CHAPITRE 2

EXPLOITATION ET TRANSPORT D'ARBRES ENTIERS

Ce chapitre décrit les expériences effectuées dans le cadre de cette étude, au niveau de l'exploitation et du transport d'arbres entiers, et en commente les résultats.

2.1 Faisabilité et avantages des exploitations d'arbres entiers

La faisabilité des exploitations d'arbres entiers ne peut être mise en doute puisque cette façon de récolter les forêts résineuses est en usage depuis de nombreuses années. Selon cette méthode d'exploitation, des ébrancheuses mécaniques, similaires à celle illustrée à la photo 5, sont utilisées en bordure de route où s'accumulent les branches et les houppiers.

Photo 5: Ebrancheuse mécanique en opération en bordure de route

L'aspect nouveau dans le contexte de cette étude est l'élimination de l'ébranchage en forêt par le transport des arbres entiers à une usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage. L'élimination de l'ébranchage en forêt présente les avantages suivants:

- Une réduction de la main-d'oeuvre en forêt permettant des économies au niveau des frais d'hébergement;
- Une amélioration de la tâche de l'abatteur qui n'a plus à s'occuper de l'ébranchage, opération qui comporte un fort risque d'accident;
- Une mécanisation plus poussée des opérations d'abattage et de débardage avec les gains économiques qu'elle peut entraîner;
- Une plus grande facilité de recrutement de la main-d'oeuvre.

Ces divers avantages ne peuvent cependant être considérés isolément sans leur contrepartie que constitue le transport d'arbres entiers jusqu'à l'usine et qui fait l'objet de la section suivante.

2.2 Transport d'arbres entiers

2.2.1 Faisabilité du transport d'arbres entiers

Contrairement à l'exploitation d'arbres entiers, le transport d'arbres entiers en est encore à ses débuts. Quelques essais ont été faits ici et là, mais toujours à une échelle relativement restreinte. La société Rayonier Québec Inc. est sans doute celle qui a le plus utilisé ce mode de transport mais, malheureusement, cette compagnie ayant abandonné ses activités forestières depuis deux ans, les données relatives à cette expérience particulière ne sont pas disponibles.

Les diverses expériences de transport d'arbres entiers réalisées chez Rayonier et ailleurs, ainsi que nos propres expériences au cours de cette étude, permettent d'affirmer que le transport d'arbres entiers est réalisable sur routes privées où les contraintes de poids, de longueur et de largeur de chargement sont beaucoup moins restrictives que sur les routes publiques où la faisabilité de cette méthode

de transport apparaît incertaine. Les expériences conduites au cours de cette étude avaient pour objectifs de vérifier la faisabilité du camionnage d'arbres entiers, de recueillir des données quantitatives sur ce mode de transport et d'identifier les embûches qui y sont liées.

2.2.2 Description des camions-remorques utilisés

Les deux modèles de camions-remorques utilisés pour le transport des troncs entiers à la scierie Chibougamau ont servi aux tests de camionnage d'arbres entiers. Ces camions diffèrent par leur remorque, l'une étant à châssis extensible et articulé, l'autre à châssis rigide.

Les remorques extensibles sont munies de deux piquets de chaque côté; les piquets avant sont fixés au châssis du camion par un mécanisme leur permettant de pivoter horizontalement. Les piquets arrières sont situés au-dessus des roues de la remorque et peuvent aussi pivoter horizontalement. Une poutre extensible et articulée constitue le châssis de la remorque. Le mécanisme d'extension du châssis permet d'ajuster la distance entre les piquets avant et arrière à chaque voyage en fonction de la longueur du bois à transporter. Les deux points d'articulation du châssis permettent de ramener la remorque sur l'arrière du châssis du camion pour le voyage à vide.

Les dimensions des remorques extensibles sont données ci-dessous:

- Largeur de chargement aux piquets avant	4.0 mètres
- Largeur de chargement aux piquets arrière	3.0 mètres
- Hauteur des piquets avant	2.8 mètres
- Hauteur des piquets arrière	2.5 mètres

La distance entre les piquets avant et les piquets arrière a varié de 6.5 à 8.5 mètres au cours des tests. Ces remorques sont conçues

pour le transport des troncs, gros bout à l'avant, et leur capacité de chargement varie de 30 à 45 tonnes en fonction de la longueur des troncs.

Les remorques rigides ont une plate-forme de largeur uniforme de l'avant à l'arrière et portent quatre piquets de 2.7 mètres de hauteur de chaque côté. La longueur de ces remorques est de 13 mètres et leur largeur de 2.9 mètres.

Ce modèle de remorque est conçu pour le transport de troncs entiers chargés dans les deux directions, c'est-à-dire que les troncs y sont placés gros bout à l'avant pour la première moitié de la charge, et gros bout à l'arrière pour l'autre moitié. La capacité de chargement de ces remorques pour des troncs entiers varie de 40 à 55 tonnes.

Lors des expériences, le chargement et le déchargement étaient effectués par des grues à flèche articulée montées sur roues et munies d'une pince et d'un talon pour la manutention des arbres par le pied. La photo 6 illustre ce type de grue chargeant par l'arrière une remorque rigide. Une grue Prentice, modèle 600, et deux grues Tanguay, modèle 14030, ont été employées.

2.2.3 Difficultés découlant du transport d'arbres entiers

Cette section est entièrement subjective et les points soulevés ici découlent de ce que les participants à l'étude ont vu et réflètent les opinions émises par les travailleurs impliqués dans cette expérience de transport.

Trois problèmes principaux sont apparus au niveau du chargement et ont contribué à ralentir cette opération. Ils sont causés par l'entrecroisement des arbres dans l'empilement, l'évasement des arbres saisis par la grue et la difficulté de placer les premières gerbes d'arbres par l'arrière de la remorque.

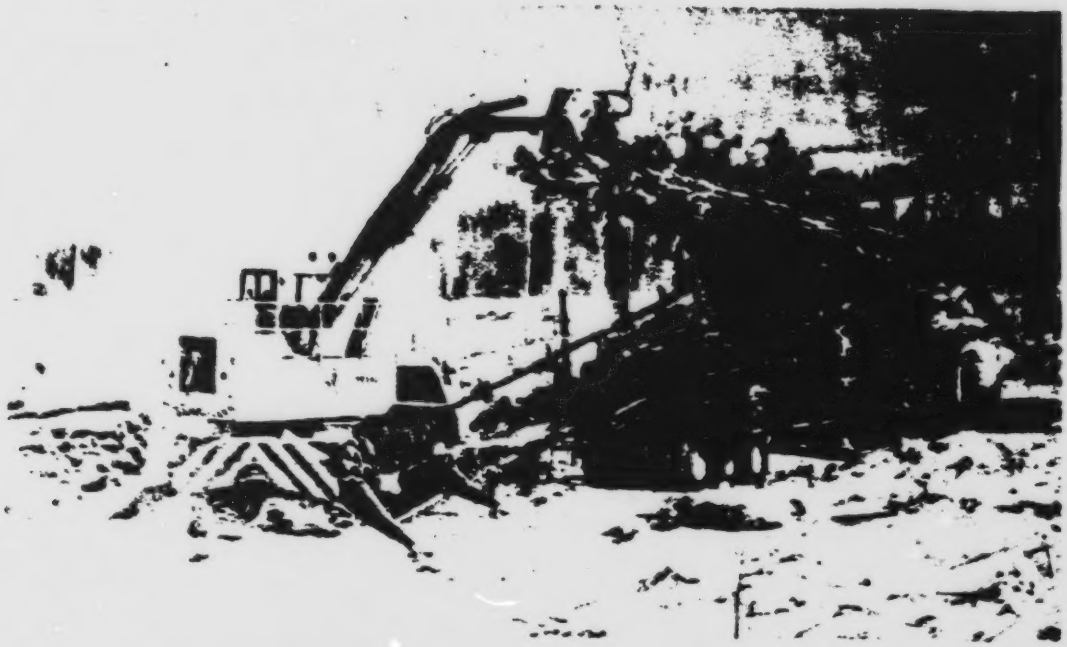


Photo 6: Début du chargement de la partie arrière d'une remorque rigide

A cause de l'entrecroisement des arbres dans la pile, les arbres saisis par la grue sont souvent coincés sous les arbres voisins par le houppier ou les branches. Cette situation peut entraîner le bris des houppiers ou forcer l'opérateur à réduire le nombre d'arbres. Les arbres débardés à l'automne et chargés en hiver sont beaucoup plus sujets à cette difficulté, la neige obstruant souvent la vue de l'opérateur.

A cause du poids des houppiers et de la présence des branches, les gerbes d'arbres ont tendance à s'évaser au fin bout au moment du chargement, ce qui complique le placement des arbres dans la remorque, favorise l'entrecroisement dans la charge et entraîne des difficultés au déchargement. L'utilisation d'une grue à pince rotative capable de saisir les arbres vers le milieu plutôt qu'au pied réduirait considérablement ce problème.

Les premières gerbes d'arbres placées par l'arrière de la remorque sont généralement très instables car elles sont appuyées sur les houppiers des arbres chargés par l'avant. L'instabilité persiste jusqu'à ce que le poids des arbres chargés par l'arrière soit suffisant pour bien fouler les houppiers. Cette instabilité ralentit le chargement car l'opérateur doit parfois replacer les arbres à plusieurs reprises.

La principale difficulté observée au déchargement provient de l'entrecroisement des arbres dans la charge causé par l'évasement des arbres au moment du chargement. Comme au chargement, l'opérateur a souvent de la difficulté à libérer les arbres saisis, d'autant qu'il est désavantagé par la hauteur de la charge, laquelle limite sa visibilité et sa capacité de soulever les arbres. Le déchargement de la partie arrière des remorques rigides est particulièrement difficile au dire des opérateurs.

En définitive, quoique le chargement des arbres saisis par le pied ait permis d'effectuer les tests de transport désirés, il appert que l'utilisation d'une grue capable de saisir les arbres près de leur centre de gravité faciliterait la manutention des arbres entiers pour les raisons suivantes:

- Les arbres ne s'évaseraient pas ou que très peu au moment du chargement permettant à l'opérateur de les placer avec un minimum d'entrecroisement;
- Les arbres coincés sous leurs voisins pourraient plus facilement être libérés;
- Les arbres étant saisis près de leur centre de gravité, l'effort requis pour les soulever serait diminué en même temps que le risque de les casser par flexion.

Le camionnage d'arbres entiers n'entraîne apparemment pas une diminution de vitesse même si les branches dépassant de chaque côté

augmentent la largeur de la charge. Les tests effectués n'ont impliqué que quelques camions d'où une faible intensité de traffic; cependant, dans le cas d'une opération commerciale à traffic plus intense, il y aurait lieu de munir les remorques d'un grillage du côté gauche pour contenir les branches.

Dans le cas du chargement des arbres dans les deux directions, la cime des arbres placés par l'arrière peut surplomber la cabine du tracteur, comme le montre la photo 7. Ces arbres peuvent être la cause d'accidents si des branches ou autres pièces se détachent en route et viennent obstruer la vue du chauffeur. Ce risque peut être diminué en étêtant les arbres les plus longs, en les reculant davantage ou encore en les plaçant toujours dans la première partie de la charge.

Les remorques sont munies de chaînes reliant le sommet des piquets opposés pour arrimer la charge et le camionneur doit monter sur la charge pour fixer ces chaînes. Dans le cas des charges d'arbres entiers, les camionneurs acceptent de placer la chaîne aux piquets vis-à-vis du pied des arbres où il n'y a pas de branches, mais refusent de s'aventurer dans la partie branchue de la charge. Ce problème pourrait être éliminé par l'installation d'un système d'attache s'opérant à partir du sol. La photo 8 montre l'apparence d'une charge d'arbres entiers chargés dans les deux directions.

L'entreposage d'arbres entiers exige plus d'espace que les troncs entiers à cause de la longueur des arbres eux-mêmes. Les empilements sont cependant de la même hauteur, celle-ci étant déterminée par la portée des équipements de manutention. En fait, les arbres entiers pourraient être empilés plus haut que les troncs entiers car, contrairement à ceux-ci, ils s'affaisent très peu au fin bout et forment des empilements presque carrés.

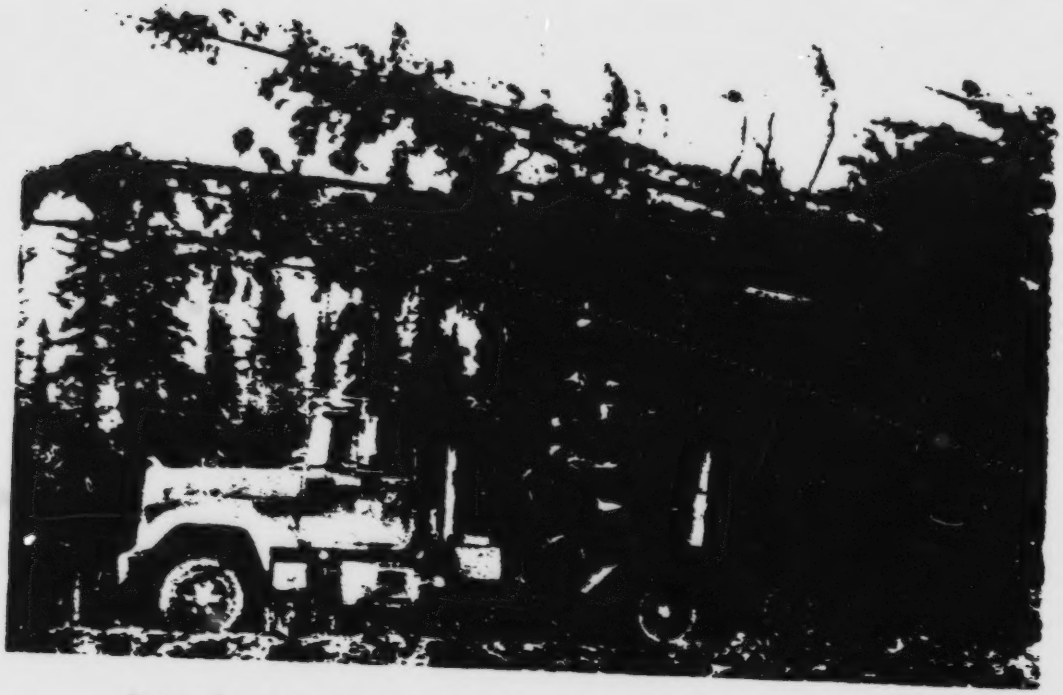


Photo 7: Arbres qui surplombent la cabine du camionneur

Photo 8: Chargement bi-directionnel d'arbres entiers

2.2.4 Données quantitatives sur le transport d'arbres entiers

Le tableau 6 rapporte par essence, et pour chaque type de remorque, les dimensions, la masse et le volume des charges transportées au cours des tests.

La hauteur de la charge est mesurée à partir de la remorque et le dessus en est délimité par les branches et les houppiers les plus hauts. La largeur de la charge est déterminée selon l'extension des branches de chaque côté de la remorque.

L'examen du tableau 6 permet de constater les points suivants:

- Le chargement des remorques rigides dans les deux directions produit des charges plus hautes à l'avant qu'à l'arrière; la photo 8 illustre bien ce fait.
- La charge des remorques extensibles est généralement plus haute à l'arrière qu'à l'avant à cause de la présence des branches et des houppiers. Il y aurait lieu d'augmenter la largeur arrière de ces remorques pour y réduire la hauteur du chargement. Les remorques utilisées mesuraient 3 mètres de large à l'arrière, soit un mètre de moins qu'à l'avant. La photo 9 montre un chargement d'épinettes récoltées en septembre et chargées en janvier sur une remorque extensible.
- La différence de volume et de masse par charge entre les deux types de remorque est faible, la remorque rigide portant généralement une charge plus grosse que la remorque extensible. Le chargement bi-directionnel des remorques rigides est compensé par une charge plus large à l'avant avec les remorques extensibles.
- Le camionnage des résineux marchands de l'est du Canada, sous forme d'arbres entiers, n'entraîne pas de diminution significative de la masse par charge, seul le volume marchand par charge étant réduit. Qu'il s'agisse de troncs entiers ou d'arbres entiers, le camionnage sur routes forestières privées se fait à la capacité de charge des équipements.

Tableau 6

DIMENSIONS, MASSE ET VOLUME DES CHARGES TRANSPORTEES

ESSENCE	MOIS DE LA RECOLTE	MOIS DU TRANS-PORT	MODELE DE REMORQUE	NOMBRE DE CHARGES	HAUTEUR DE LA CHARGE		LARGEUR DE LA CHARGE		VOLUME MARCHAND PAR CHARGE	MASSE PAR CHARGE
					PIQUETS AVANT	PIQUETS ARRIERE	MOYENNE	MAXIMUM		
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m^3)	(1000kg)
Epn	Sept.	Oct.	Rigide	6	3.9	3.6	4.0	4.7	32.7	37.8
			Extensible	2	3.2	4.1	5.1	5.2	25.0	30.4
	Sept.	Janv.	Rigide	1	4.3	2.8	4.1	4.1	31.2	39.7
			Extensible	3	3.9	4.0	5.0	5.3	32.9	44.7
	Janv.	Fév.	Rigide	1	5.9	3.3	4.7	4.7	42.8	42.3
			Extensible	5	4.4	3.9	5.0	5.8	43.3	40.9
	Janv.	Mai	Rigide	2	5.1	2.7	4.2	4.5	33.8	41.3
			Extensible	3	3.4	3.4	5.1	5.5	35.8	38.0
Moyenne pour Epn	Tous	Tous	Rigide	10	4.4	3.3	4.1		33.8	39.1
			Extensible	13	3.9	3.8	5.0		36.4	39.5

Tableau 6 (suite)

DIMENSIONS, MASSE ET VOLUME DES CHARGES TRANSPORTEES

ESSENCE	MOIS DE LA RECOLTE	MOIS DU TRANS-PORT	MODELE DE REMORQUE	NOMBRE DE CHARGES	HAUTEUR DE LA CHARGE		LARGEUR DE LA CHARGE		VOLUME MARCHAND PAR CHARGE	MASSE PAR CHARGE
					PIQUETS AVANT	PIQUETS ARRIERE	MOYENNE	MAXIMUM		
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m^3)	(1000kg)
Sab	Sept.	Oct.	Rigide	6	3.8	3.1	4.5	4.8	35.2	39.0
			Extensible	2	3.2	3.7	5.1	5.5	27.0	29.7
	Sept.	Janv.	Rigide	2	4.0	3.2	4.6	4.9	33.3	40.6
			Extensible	3	3.5	4.3	5.4	5.5	33.5	39.4
	Janv.	Fév.	Rigide	1	3.8	3.3	5.3	5.3	57.6	44.2
			Extensible	7	3.8	2.6	5.2	6.4	53.9	40.3
	Janv.	Mai	Rigide	3	4.3	2.8	4.6	4.8	55.8	46.4
			Extensible	4	3.6	3.3	5.3	5.9	33.8	41.3
Moyenne Sab	Tous	Tous	Rigide	12	4.0	3.1	4.6		41.9	41.6
			Extensible	16	3.6	3.2	5.3		41.7	39.1
Moyenne Epn & Sab	Tous	Tous	Rigide	22	4.2	3.2	4.4		38.2	40.5
			Extensible	29	3.7	3.5	5.1		39.3	39.3

Photo 9: Remorque extensible chargée d'épinettes récoltées en septembre et transportées en janvier

- La différence de volume par charge entre le sapin récolté en janvier et celui récolté en septembre est due au volume moyen par arbre, soit 260 décimètres cubes en janvier et 180 en septembre.

Le nombre de charges étudiées étant quand même relativement faible, ces données ne sont qu'indicatives. Les deux modèles de remorques expérimentés se prêtent au transport d'arbres entiers sans perte de masse par charge par rapport au transport de troncs entiers. L'exploitant désireux d'évaluer le camionnage d'arbres entiers devrait utiliser les données de son transport de troncs entiers pour déterminer la masse par charge.

La répartition de la masse par essieu ou groupe d'essieux n'est pas la même pour les arbres entiers que pour les troncs entiers.

Tel qu'indiqué au tableau 7, le poids sur les essieux de la remorque est augmenté et celui sur les essieux arrière du camion tracteur est diminué. La différence est plus marquée pour les remorques extensibles car la masse additionnelle (houppiers et branches) est portée surtout par la remorque. Le chargement bi-directionnel des remorques rigides atténue le déplacement du centre de gravité de la charge.

Tableau 7

REPARTITION DE LA MASSE TOTALE (EQUIPEMENT ET CHARGE) PAR ESSIEU OU GROUPE D'ESSIEUX

	--CAMION-TRACTEUR---		ESSIEUX DE LA REMORQUE (%)
	ESSIEU AVANT (%)	ESSIEU ARRIERE (%)	
Remorque extensible:			
- Arbres entiers	12	48	40
- Troncs entiers	11	59	30
Remorque rigide:			
- Arbres entiers	10	42	48
- Troncs entiers	10	44	46

La durée moyenne du cycle de chargement d'une gerbe d'arbres d'après les chronométrages effectués est de 39 secondes dans le cas d'arbres entiers et de 31 secondes dans le cas de troncs entiers. Cette différence, quoique statistiquement significative, n'est pas très importante en pratique puisqu'elle ne représente qu'environ 4 minutes par voyage pour les remorques rigides.

Le tableau 8 montre la durée du chargement par type de remorque et la productivité correspondante en mille kilogrammes et en mètres cubes marchands par heure.

Tableau 8

DUREE ET PRODUCTIVITE DU CHARGEMENT D'ARBRES ENTIERS

TYPE REMORQUE	MOIS RECOLTE	MOIS TRANSPORT	NOMBRE DE VOYAGES	DUREE MOYENNE DU CHARGEMENT	PRODUCTIVITE	
					MASSE/HEURE	VOLUME/HEURE
				(minutes)	(1000 kg)	(m3)
Rigide	Sept.	Oct.	12	28	83	74
	Sept.	Janv.	3	27	89	72
	Janv.	Fév.	2	17	156	180
	Janv.	Mai	5	19	142	151
Moyenne	Tous	Tous	22	25	99	94
Extensible	Sept.	Oct.	4	18	100	87
	Sept.	Janv.	6	22	114	90
	Janv.	Fév.	12	15	165	201
	Janv.	Mai	6	14	165	177
Moyenne	Tous	Tous	28	17	141	148

Ce tableau révèle que non seulement le chargement des remorques extensibles prend moins de temps que les remorques rigides, mais aussi que la productivité y est supérieure. La diminution de productivité pour les remorques rigides provient de la nécessité de déplacer la grue de l'avant à l'arrière du camion au cours du chargement bidirectionnel.

Le chargement en février et en mai a été plus rapide qu'en octobre et en janvier. Plusieurs facteurs ont contribué à cette différence, entre autres:

- La grue utilisée en février et en mai pouvait être déplacée sans que l'opérateur quitte sa cabine, ce qui n'était pas le cas pour celles utilisées en octobre et en janvier, lesquelles étaient montées sur un camion;

- Les arbres soumis à l'étude en hiver ayant moins de branches ont été plus faciles à charger;
- Les opérateurs n'étaient pas les mêmes.

Les opérateurs qui ont participé aux tests avaient tous une longue expérience du chargement de troncs entiers mais aucun d'eux n'avait chargé des arbres entiers auparavant.

Le déchargement a pris en moyenne 14 minutes pour les remorques rigides et 11 minutes pour les remorques extensibles.

2.3 Biomasse laissée en bordure de route après le chargement des arbres entiers

L'aire où les arbres entiers étaient empilés le long de la route fut échantillonnée après le transport afin de déterminer la quantité de biomasse laissée à cet endroit.

Toute la biomasse présente sur des bandes perpendiculaires à la route fut pesée en la séparant selon qu'il s'agissait de pièces marchandes, de houppiers ou de branches. De plus, le volume des pièces marchandes a été mesuré.

Les bandes échantillonnées mesuraient deux mètres de large et s'étendaient du bord de la route jusqu'à l'extrémité du site de l'empilement. Le taux d'échantillonnage visé était de 20% et a été calculé en divisant la largeur cumulative des bandes par la longueur de l'empilement.

Le tableau 9 présente le résultat de ces observations. Le poids total de la biomasse inclut les pièces marchandes. Les colonnes "biomasse par unité de volume" et "pièces marchandes en % de l'empilement" (volume) permettent de comparer l'abondance des débris.

Les arbres récoltés en automne et transportés en hiver ont laissé le plus de biomasse en bordure de route. Ces arbres ont subi plus de bris au

Tableau 9

BIOMASSE LAISSEE SOUS LES EMPILEMENTS D'ARBRES ENTIERS (BORDURE DE ROUTE)

MOIS RECOLTE	MOIS TRANSPORT	VOLUME MARCHAND EMPILEMENTS	BIOMASSE		PIECES MARCHANDES	
			POIDS TOTAL	PAR UNITE DE VOLUME	VOLUME TOTAL	% DE L'EMPILEMENT
		(m^3)	(kg)	(kg/m^3)	(m^3)	(.)
EPINETTE						
Sept.	Oct.	246	5,666	23.0	0.84	0.3
Sept.	Janv.	130	4,754	37.0	1.85	1.4
Janv.	Fév.	259	6,433	25.0	0.90	0.3
Janv.	Mai	175	3,787	22.0	0.13	0.1
Total		810	20,640	25.5	3.72	0.46
SAPIN						
Sept.	Oct.	202	9,030	45.0	3.10	1.5
Sept.	Janv.	147	9,463	64.0	3.54	2.4
Janv.	Fév.	427	4,936	12.0	1.15	0.3
Janv.	Mai	317	4,969	16.0	1.35	0.4
Total		1,093(a)	28,398	26.0	9.14	0.84

(a) Ce volume est inférieur au volume de sapin transporté car quelques empilements n'ont pas été échantillonnés pour la quantité de biomasse laissée en bordure de route.

chargement parce qu'ils étaient recouverts de neige, laquelle augmentait le poids des houppiers et causait plus de bris par flexion. De plus, la neige empêchait l'opérateur de voir les arbres saisis, si bien que ceux-ci étaient plus souvent coincés sous les voisins et plus sujets à des bris.

La biomasse laissée sous l'empilement par unité de volume pour l'épinette est à peu près la même pour tous les cas étudiés sauf pour les arbres

récoltés en septembre et livrés en janvier. La moyenne de 25.5 kg par mètre cube de fibre marchande pour les quatre lots étudiés est relativement faible.

Les sapins récoltés en hiver, qui avaient perdu 85% de leurs branches et 48% de leur houppier au cours de l'exploitation, ont laissé bien peu de biomasse sous les empilements comparativement à ceux récoltés à l'automne. L'état de dégradation du peuplement récolté en hiver, causé par l'attaque de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, rend ces résultats inapplicables à des peuplements sains.

Les pertes de volume marchand sont négligeables pour l'épinette sauf pour le cas où les arbres étaient sous la neige (récolte de septembre et transport de janvier).

Le sapin, à cause de sa plus grande fragilité que l'épinette, a subi une perte de volume marchand plus forte, soit 1.5% comparativement à 0.3%, pour les arbres récoltés et transportés à l'automne. La manutention des arbres par le milieu plutôt que par le pied lors du chargement permettrait de réduire ces pertes.

Le tableau 10 présente la répartition de la biomasse en pièces marchandes, en parties de houppiers ou en branches. Les branches constituent la principale composante de cette biomasse et leur importance relative augmente en hiver.

2.4 Biomasse laissée dans la cour de l'usine

Tous les arbres transportés en automne et en hiver ont été empilés près de l'usine et déplacés au printemps. La biomasse laissée sur le site d'entreposage a été pesée en procédant par bandes comme décrit précédemment. Elle était de 8.6 kilogrammes par mètre cube de bois marchand pour les arbres récoltés en septembre et de 3.6 kilogrammes pour ceux récoltés en hiver. Les pièces marchandes laissées représentaient 0.1% du volume entreposé.

Tableau 10

REPARTITION DE LA BIOMASSE LAISSEE SOUS LES EMPILEMENTS D'ARBRES ENTIERS, PAR COMPOSANTE

MOIS DE RECOLTE	MOIS DE TRANSPORT	PIECES MARCHANDES (%)	PARTIES DE HOUPPIER (%)	BRANCHES (%)
EPINETTE				
Sept.	Oct.	11	27	62
Sept.	Janv.	29	17	54
Janv.	Fév.	7	13	80
Janv.	Mai	3	17	80
SAPIN				
Sept.	Oct.	28	23	49
Sept.	Janv.	28	23	49
Janv.	Fév.	13	12	75
Janv.	Mai	15	13	71

La biomasse laissée était bien étendue, si bien que le site pouvait être réutilisé sans nettoyage. Elle était quand même suffisamment abondante pour restreindre le traffic des camions aux allées existantes. La récupération de cette biomasse serait facile à l'aide d'un râteau et serait probablement avantageuse. Après plusieurs entreposages successifs, le nettoyage de la cour deviendrait probablement nécessaire.

2.5 Dommages subis par la partie marchande de l'arbre au cours de l'exploitation et du transport

Etant donné que plusieurs arbres ont été cassés au cours du chargement, un échantillonnage d'arbres fut examiné après le transport pour déterminer si la partie marchande de l'arbre était affectée. Cet examen a porté sur les

arbres transportés en janvier (récolte d'octobre) et en février (récolte de janvier) et consistait à classer les arbres comme suit:

- Ceux dont la tige marchande est intacte; ces arbres pouvaient quand même être cassés dans le houppier;
- Ceux dont la tige marchande est cassée au fin bout;
- Ceux dont la tige marchande est cassée au gros bout;
- Ceux dont la tige marchande est cassée au gros bout et au fin bout.

Il faut noter que tout arbre cassé produit d'après la classification adoptée:

- une tige cassée au fin bout
- une tige cassée au gros bout
- possiblement une tige cassée au deux bouts

Le tableau II "Caractéristiques de la partie marchande de l'arbre après le transport" donne la répartition des arbres par catégorie ainsi que les caractéristiques de ces arbres ou parties d'arbre.

Ce tableau indique que le sapin brise plus que l'épinette et que, pour les deux essences étudiées, le nombre de tiges intactes est plus faible chez les arbres recouverts de neige au moment du chargement.

Sauf pour les pires conditions, le nombre de tiges cassées dans la partie marchande est tolérable pour l'épinette. Pour le sapin, le nombre de cassures observées est sujet à réduire significativement le rendement en sciage de ces arbres. Il faut retenir cependant que les sapins abattus et transportés en hiver provenaient d'un peuplement fortement dégradé par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et que 21% des tiges ont été cassées au cours de l'exploitation contre 5% lors du transport, pour un total de 26%.

La comparaison du diamètre moyen (DHP) des arbres non cassés avec celui des arbres cassés au fin bout indique que plus les arbres sont gros, plus ils

Tableau II

CARACTERISTIQUES DE LA PARTIE MARCHANDE DE L'ARBRE APRES LE TRANSPORT

	RECOLTE SEPT.-TRANSPORT JANV.						RECOLTE JANV.-TRANSPORT FEV.					
	EPN			SAB			EPN			SAB (1)		
	Nb	%		Nb	%		Nb	%		Nb	%	
Tiges marchandes intactes	66	82.5		69	58.0		153	91.6		94	74.0	
D.H.P. moyen en cm			17.2			16.0			16.7			18.9
Tiges marchandes cassées au fin bout	10	12.5		38	31.9		9	5.4		30	23.6	
D.H.P. moyen en cm			20.3			19.8			18.8			21.5
Diam. fin bout (D.F.B.) moy. en cm			12.4			11.9			12.2			14.8
Longueur moyenne en m			8.9			9.1			6.7			8.2
Tiges marchandes cassées au gros bout	2	2.5		8	6.7		3	1.8		2	1.6	
Diam. gros bout (D.G.B.) moyen en cm			16.1			13.3			14.4			10.2
Parties de tige marchande (cassées aux deux bouts)	2	2.5		4	3.4		2	1.2		1	0.8	
D.G.B. moyen en cm			20.2			17.7			17.5			18.0
D.F.B. moyen en cm			17.1			12.8			10.3			16.5
Longueur moyenne en m			3.0			3.4			4.1			7.3
Total	80	100.0		119	100.0		167	100.0		127	100.0	

(1) Arbres endommagés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

risquent d'être cassés. En effet, le diamètre moyen des arbres cassés est presque de trois centimètres supérieur à celui des arbres non cassés.

Le diamètre au fin bout des arbres cassés, soit le diamètre à la cassure, est en moyenne de douze centimètres, soit trois centimètres de plus que le diamètre minimum d'utilisation.

2.6 Conclusions

L'élimination de l'ébranchage en forêt présente de nombreux avantages dont l'amélioration des conditions de travail de l'ouvrier forestier. Par contre, la manutention et le transport d'arbres entiers comportent plusieurs difficultés qui se manifestent par un ralentissement du chargement et par une plus grande fréquence de bris des arbres dans la partie marchande du tronc.

La manutention des arbres à l'aide de grues équipées pour les saisir par le milieu de la tige plutôt que par le pied est susceptible d'améliorer le chargement des arbres entiers.

Le camionnage d'arbres entiers sur route privée n'occasionne pas de ralentissement de la vitesse ni de diminution de masse par charge. Par contre, le volume marchand par charge diminue proportionnellement aux branches et aux houppiers récupérés. Le camionnage sur route publique n'a pas été étudié.

L'exploitation et le transport d'arbres entiers sont réalisables pourvu que certaines précautions soient prises, en particulier:

- l'utilisation d'équipements réduisant les risques de bris des arbres et le nombre de manutentions au minimum;
- la planification des opérations de façon à ce que chaque phase facilite l'exécution de la phase suivante; par exemple, au débardage, les arbres doivent être placés aussi parallèlement que possible pour faciliter le chargement;

- le transport des arbres à l'usine aussitôt que possible après le débardage d'hiver;
- l'acheminement des arbres les plus fragiles directement à l'usine d'ébranchage plutôt que leur entreposage.

Le camionnage d'arbres entiers ne comporte pas de difficultés insurmontables et cette technique est appelée à s'améliorer à l'usage au point de devenir aussi efficace que le transport de troncs entiers.

CHAPITRE 3

CONCEPTION D'UNE USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE D'ARBRES ENTIERS

Une revue de littérature a permis d'identifier des opérations où des arbres entiers sont transportés et traités à une cour centrale. P.O. Nilsson (1978) rapporte des essais effectués en Suède au cours desquels les arbres sont tronçonnés en longueurs inégales lors du chargement, puis transportés à une usine où ils sont ébranchés et écorcés en une seule opération dans une écorceuse à tambour puis mis en copeaux. Il fait état du problème de charger les camions à capacité à cause de la faible capacité de la charge d'arbres. Par ailleurs, il n'est fait aucune mention de la facilité ou de la difficulté de manutention des arbres.

Karl Kwasnitschka (1978) décrit une opération d'ébranchage, d'écorçage et de tronçonnage d'arbres résineux marchands à une cour centrale en Allemagne de l'Ouest. Au cours de cette opération, les arbres étêtés à 6 centimètres sur le parterre de coupe sont transportés sur route publique dans des remorques fermées sur les côtés au niveau des branches et l'ébranchage est effectué arbre par arbre. Les avantages de ce mode d'opération sont les suivants:

- Une amélioration de la productivité au niveau des opérations forestières;
- L'applicabilité de cette méthode aux petites propriétés;
- Une meilleure utilisation des arbres autant en volume qu'en qualité;
- Une rentabilité accrue grâce au débitage des troncs en fonction des produits les plus rentables;
- La récupération de l'écorce, des branches et des aiguilles pour la production d'énergie.

La compagnie Forano a conçu un complexe d'ébranchage et de tronçonnage en vue du traitement d'arbres entiers tel que considéré dans cette étude. La figure 5 illustre ce projet de complexe. Il comprend les équipements suivants:

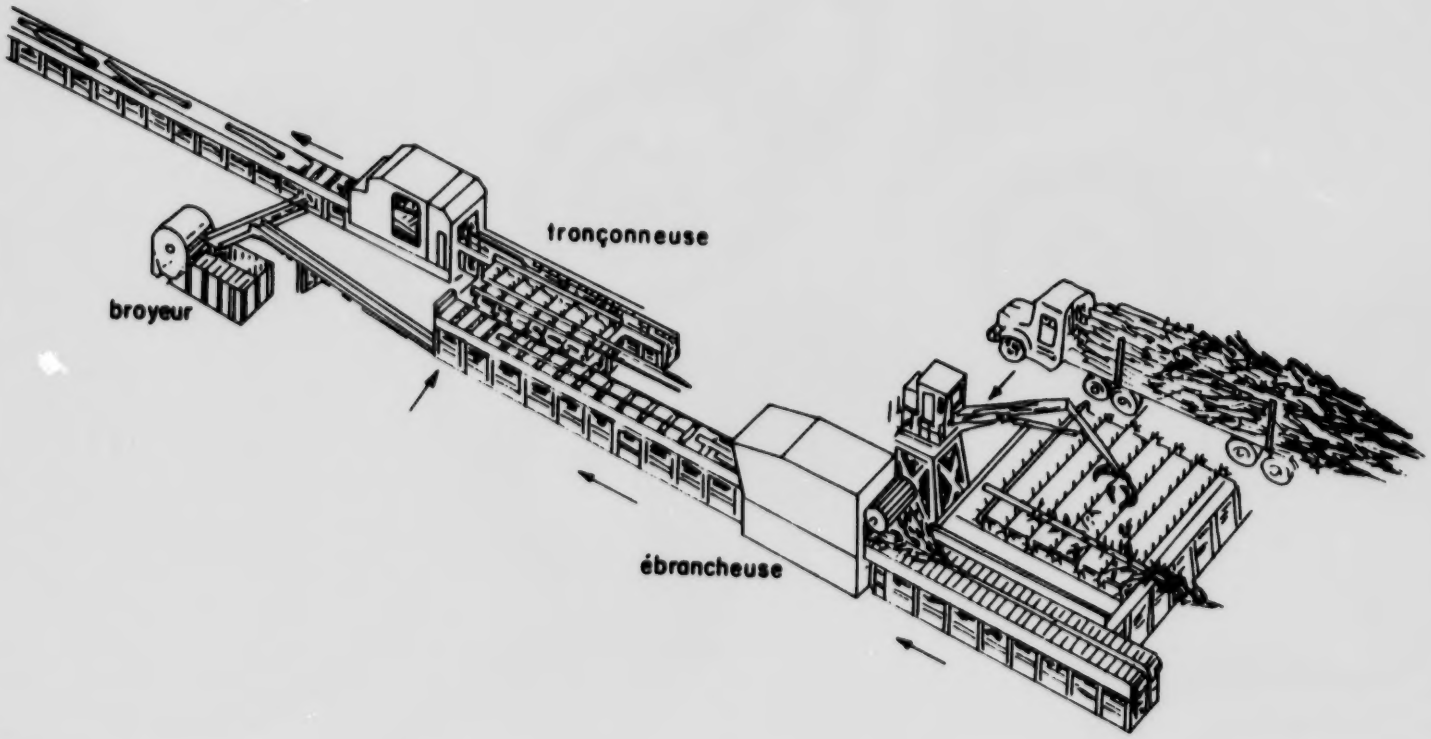


Figure 5. Schéma d'un complexe d'ébranchage et de tronçonnage conçu par FORANO.

- Une grue d'alimentation à mât articulé;
- Une ébrancheuse à fléaux Forano;
- Une tronçonneuse continue Forano;
- Un broyeur;
- Des convoyeurs pour déplacer les arbres d'une machine à l'autre.

L'ébrancheuse est équipée de deux fléaux, dont l'un est placé au-dessus des arbres et l'autre au-dessous, tel qu'illustré à la figure 6. Au passage des arbres, les fléaux brisent les branches et les houppiers en fragments qui sont acheminés, sans autre préparation, au broyeur. De quatre à sept arbres sont ébranchés à la fois sans être étêtés. A la sortie de l'ébrancheuse, les troncs sont transportés par des convoyeurs à une tronçonneuse continue. Les rognures de tronçonnage sont récupérées et broyées avec les branches et les houppiers pour servir de combustible.

Une usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage faisant appel autant que possible à des équipements connus et éprouvés et retenant un mode d'ébranchage arbre par arbre a été conçue et étudiée pour les fins de ce rapport. Les plans de ce projet d'usine ont été réalisés par D.D. Hamilton de Logging Development Corporation qui en a aussi estimé la productivité, le coût de construction et le coût d'opération. Le rapport de D.D. Hamilton sur ce sujet est présenté en appendice.

Sans présumer de la supériorité de l'usine conçue par D.D. Hamilton, elle sert de base à l'analyse des implications économiques de la récupération de biomasse par le traitement d'arbres entiers en usine; si d'autres approches permettent un traitement moins dispendieux, la rentabilité de la biomasse en sera d'autant augmentée.

3.1 Description de l'usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage

L'usine, fonctionnant principalement à l'électricité, doit être capable de traiter annuellement 300 mille mètres cubes de bois marchand à raison de 16 heures d'opération par jour et de 240 jours par année.

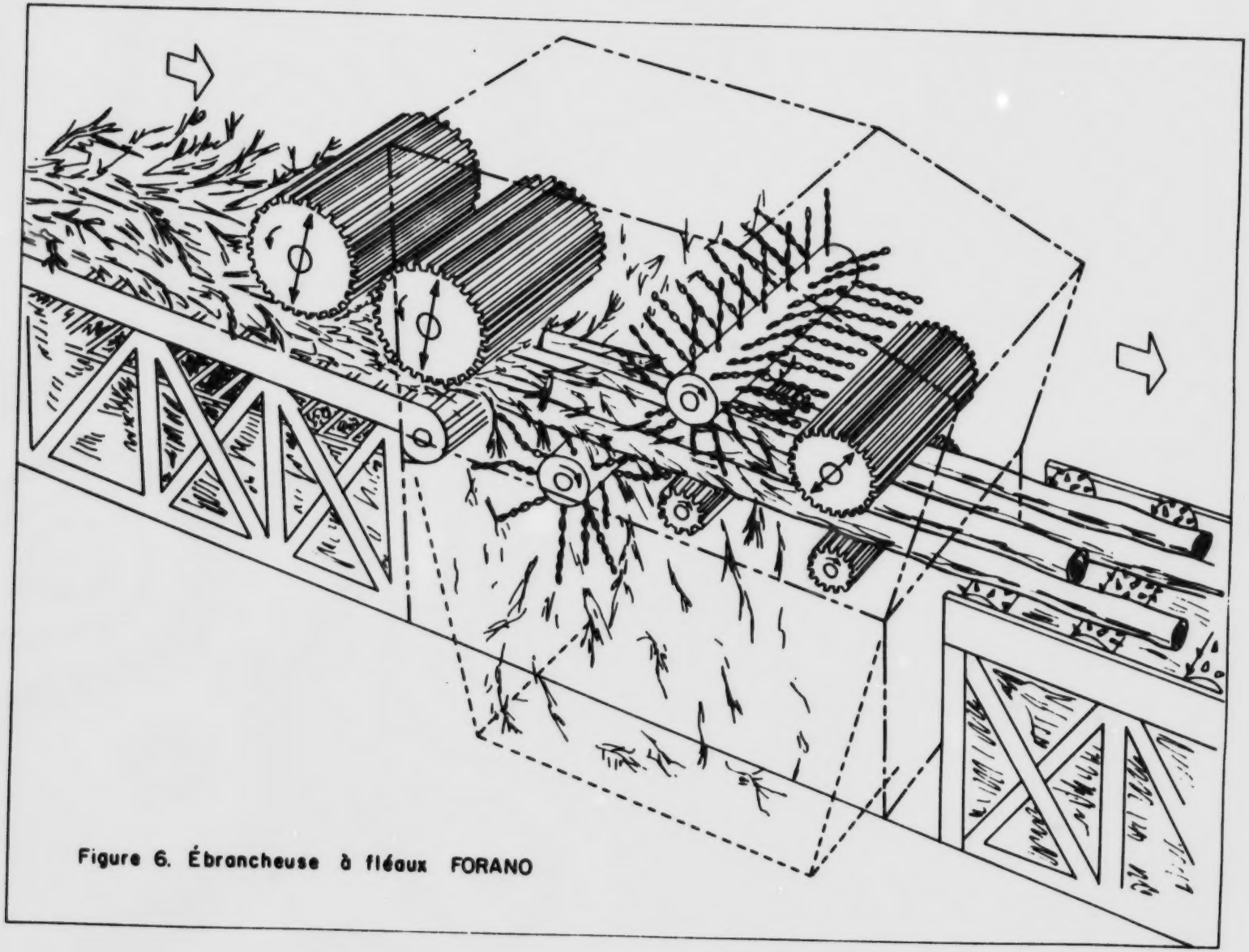


Figure 6. Ébrancheuse à fléaux FORANO

Les arbres sont livrés par camion à l'usine et sont généralement traités immédiatement. Après ébranchage, ils sont tronçonnés en billes de 4.9 mètres (16 pieds) et écorcés. Les billes trop courtes ou trop petites sont mises en copeaux et tous les déchets (branches, houppiers, écorce, sciures et rognures) sont broyés et mis en tas.

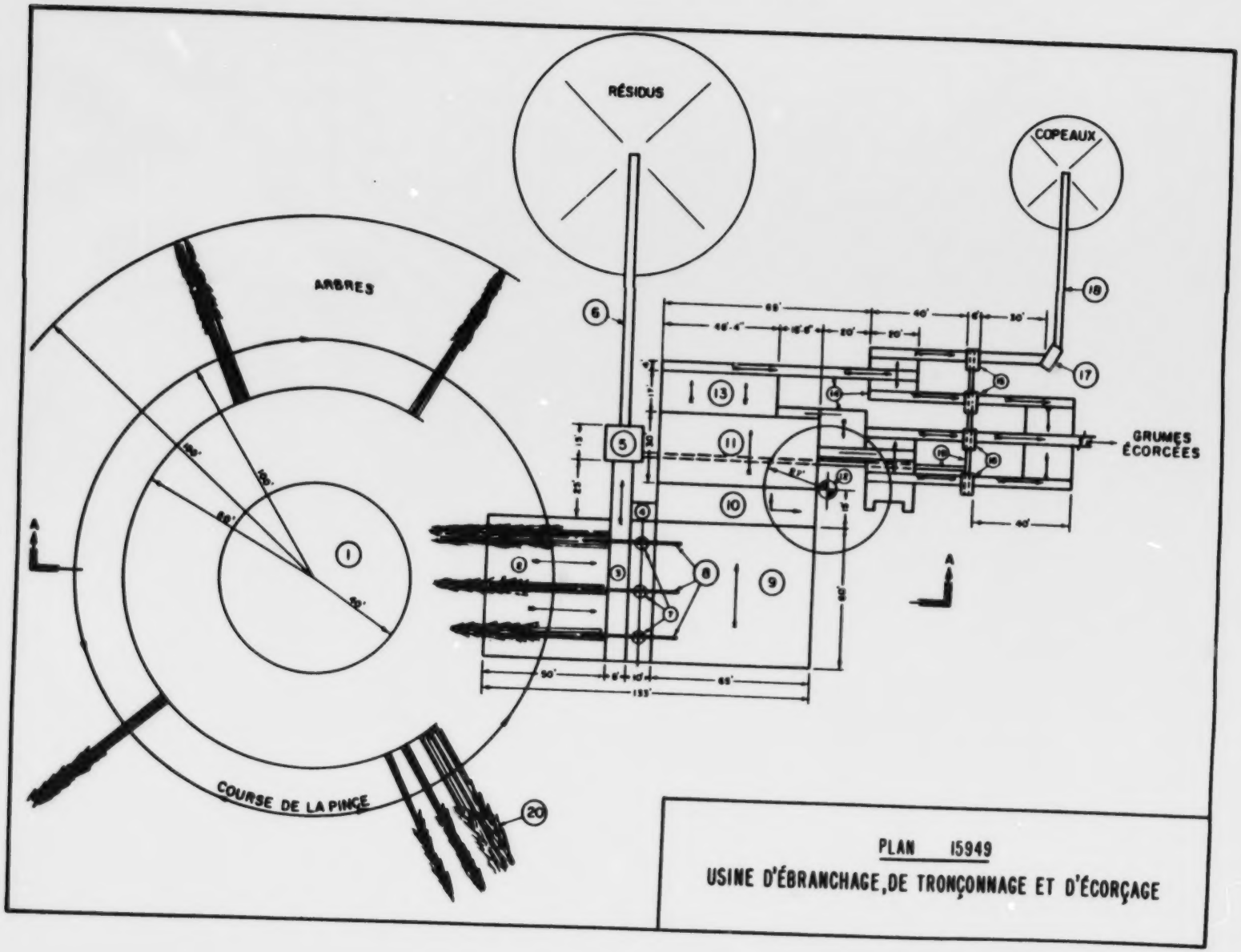
Le plan 15949 schématise les composantes de cette usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage. Chaque composante est identifiée à la légende et montrée sur le plan par un numéro ou une lettre encerclé. Ces mêmes numéros ou lettres sont présentés entre parenthèses dans la description de l'usine.

Les camions sont déchargés en (20) (voir plan) par une grue Kockums, modèle K-100 (1). La photo 10 montre une grue Kockums K-100 manutentionnant des troncs entiers. Cette grue est munie d'une pince pivotante puisque les arbres doivent être présentés aux ébrancheuses dans la direction opposée à celle dans laquelle ils sont empilés.

Le rayon d'action de la grue stationnaire permet l'entreposage à sa portée d'un volume d'arbres équivalent à une semaine de production de l'usine d'ébranchage et de tronçonnage. Au surplus, un volume additionnel équivalent à environ 25% de la production annuelle doit être entreposé dans une cour pour l'approvisionnement de l'usine pendant l'arrêt saisonnier du camionnage.

Le plan 15950 montre le profil de la grue Kockums (1), de la table d'alimentation (2), du convoyeur d'évacuation des branches et des houppiers (3), du mécanisme d'alimentation et d'ébranchage (7 et 8) et de la table de réception des troncs entiers (9).

Les trois unités d'ébranchage (7 et 8) sont sur rail et se déplacent perpendiculairement aux arbres. Elles ne pivotent pas afin que les troncs soient toujours déposés parallèlement sur la table de réception. Le mât


RÉSIDUS
COPEAUX
ARBRES
GRUMES ÉCORCÉES
COURSE DE LA PINCE
PLAN 15949
USINE D'ÉBRANCHAGE, DE TRONÇONNAGE ET D'ÉCORÇAGE

LEGENDE DES PLANS 15949, 15950, 15953 ET 15954

(1) Grue de manutention stationnaire Kockums

(2) Table d'alimentation, pavée en bois

(3) Convoyeur à courroie pour les branches et les houppiers

(4) Tour de l'opérateur de la grue de manutention

(5) Mécanisme de broyage des branches et des houppiers

(6) Convoyeur à courroie pour les résidus broyés

(7) Unités d'ébranchage

(8) Mâts télescopiques pour l'alimentation des ébrancheuses

(9) Table de réception des troncs entiers et système de déplacement latéral des troncs

(10) Section d'alignement à rouleaux spiralés

(11) Table de tronçonnage

(12) Grue à mât articulé pour l'alignement des troncs qui se présentent mal

(13) Tablier incliné

(14) Convoyeurs à grumes

(15) Ecorceuses à couteaux d'une capacité de 45 cm

(16) Ecorceuses à couteaux d'une capacité de 60 cm

(17) Découpeuse

(18) Convoyeur à courroie pour les copeaux

(19) Convoyeur pour le retour des déchets (écorce, sciures et rognures) au broyeur

(20) Point d'arrivée et de déchargement des camions

(a) Pince pivotante de la grue

(b) Châssis des unités d'ébranchage monté sur rail

(c) Table d'éjection des troncs

(d) Mécanisme de retenue et d'éjection des troncs

(e) Rouleau propulseur

(f) Butoir

(h) Cabine des opérateurs d'ébrancheuse

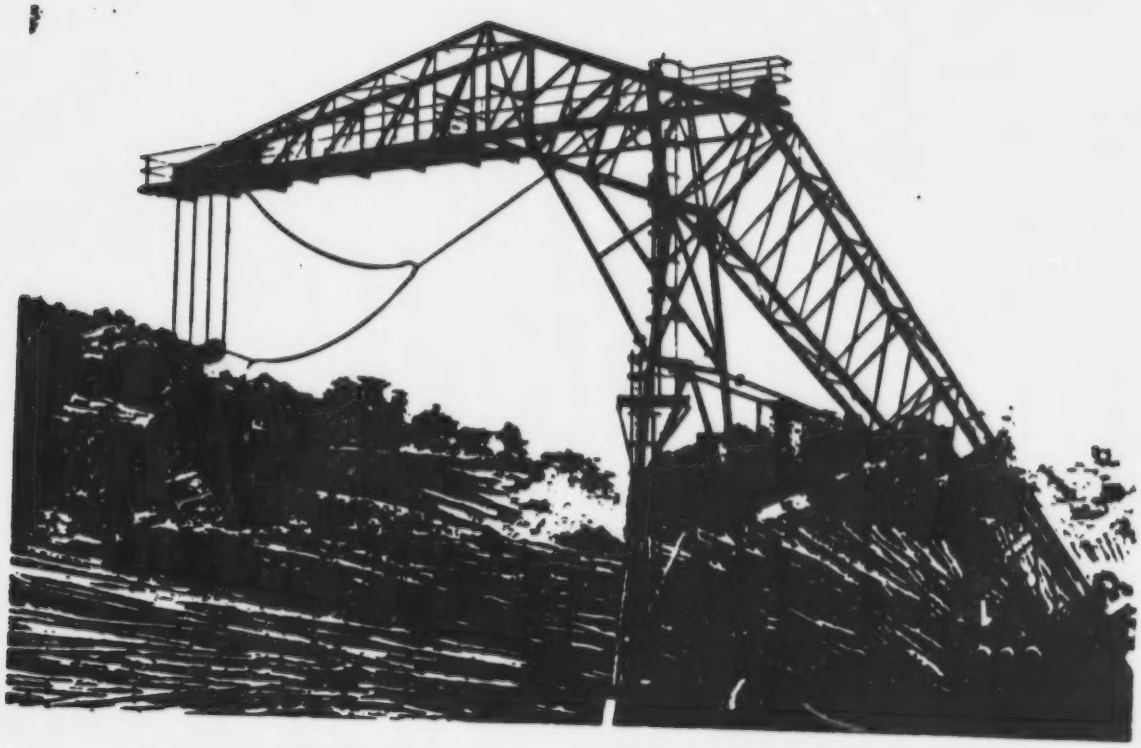
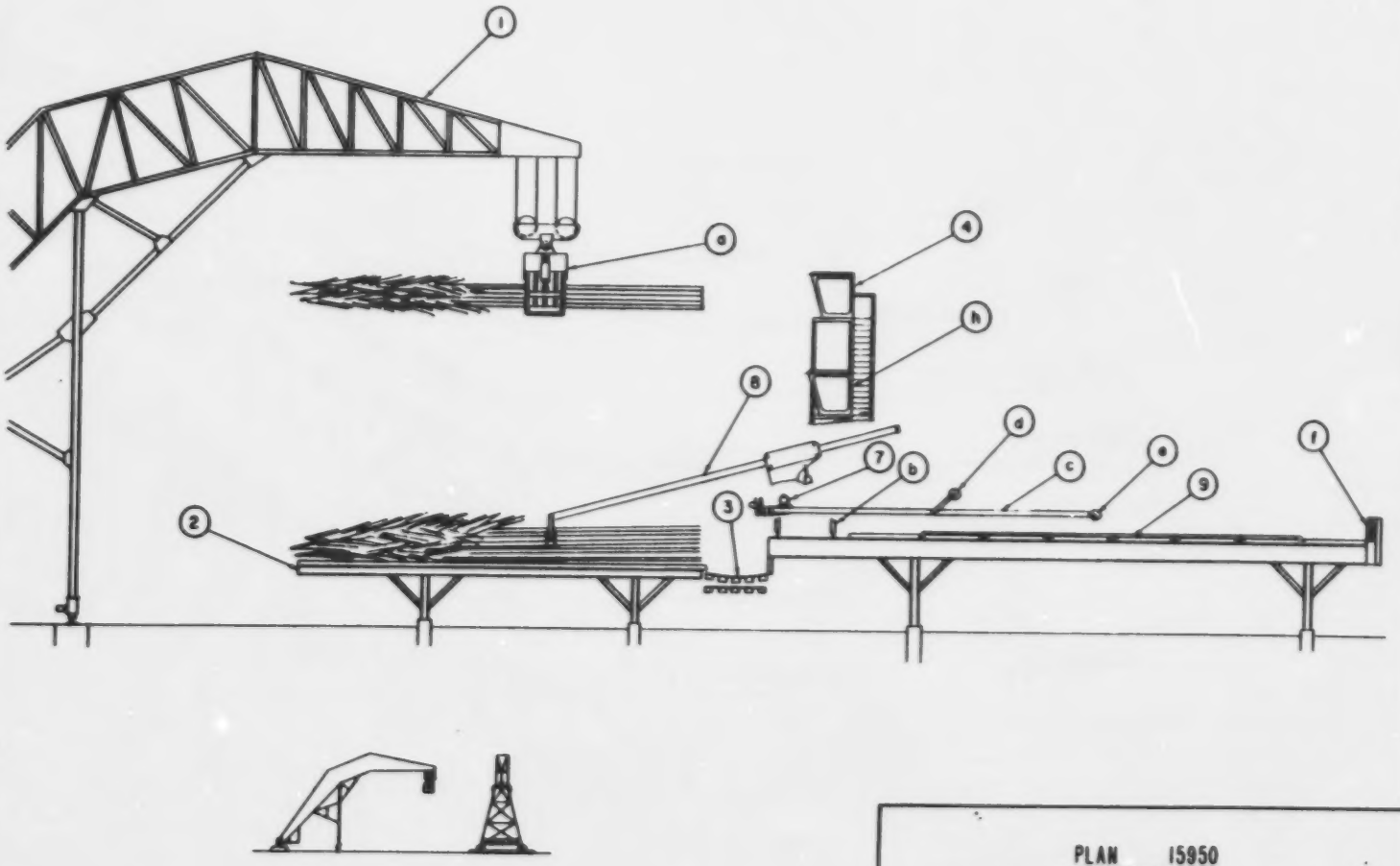


Photo 10: Grue de manutention Kockums K-100



PLAN 15950

VUE DE PROFIL D'UNE UNITÉ D'ÉBRANCHAGE

COUPE A-A DU PLAN 15949

télescopique (8) saisit les arbres un à la fois et les dépose dans l'ébrancheuse (7). Les couteaux d'ébranchage se referment autour du tronc et celui-ci est entraîné par des rouleaux à une vitesse maximale de 120 mètres (400 pieds) à la minute. Le houppier est coupé automatiquement lorsque le diamètre minimum d'utilisation choisi est atteint. Les troncs sont éjectés sur la table d'alimentation par un mécanisme (c, d, e) qui les propulse vers l'arrière où ils sont arrêtés par le butoir. Cette table permet de recevoir des troncs ayant jusqu'à 19.8 mètres (65 pieds) de long.

Les branches et les houppiers tombent sur un convoyeur à courroie (3) de 2.4 mètres (8 pieds) de large qui les achemine à un mécanisme de broyage composé d'un appareil, appelé Récufor, qui les brise en pièces de 0.5 à 1 mètre de long et d'un broyeur à marteaux. Récufor a été conçu pour récupérer les débris forestiers sur les parterres de coupe. Il comprend un rouleau sur lequel sont montées de longues dents incurvées (photo 11) qui en tournant saisissent les branches et les houppiers et les brisent en les poussant contre des couteaux fixes. L'Institut Canadien de Recherches en Génie Forestier, sous contrat avec Enfor, travaille actuellement à la mise au point de Récufor.

La table de réception (9) est munie de chaînes qui déplacent les troncs latéralement vers une section d'alignement à rouleaux spiralés (10). Une grue à mât articulé est prévue en (12) pour replacer les troncs mal alignés.

Les troncs sont acheminés un à un sur la table de tronçonnage (11) munie de scies circulaires fixes: trois scies sont prévues au plan 15949 pour la production de grumes de 4.9 mètres (16 pieds).

Les billes de pied sont dirigées vers des écorceuses à couteaux d'une capacité de 60 centimètres (24 pouces) (16) et les autres billes vers des écorceuses d'une capacité de 45 centimètres (18 pouces) (15). Les grumes écorcées sont acheminées à une usine de sciage, sauf celles trop petites ou trop courtes, qui sont mises en copeaux par une découpeuse (17).

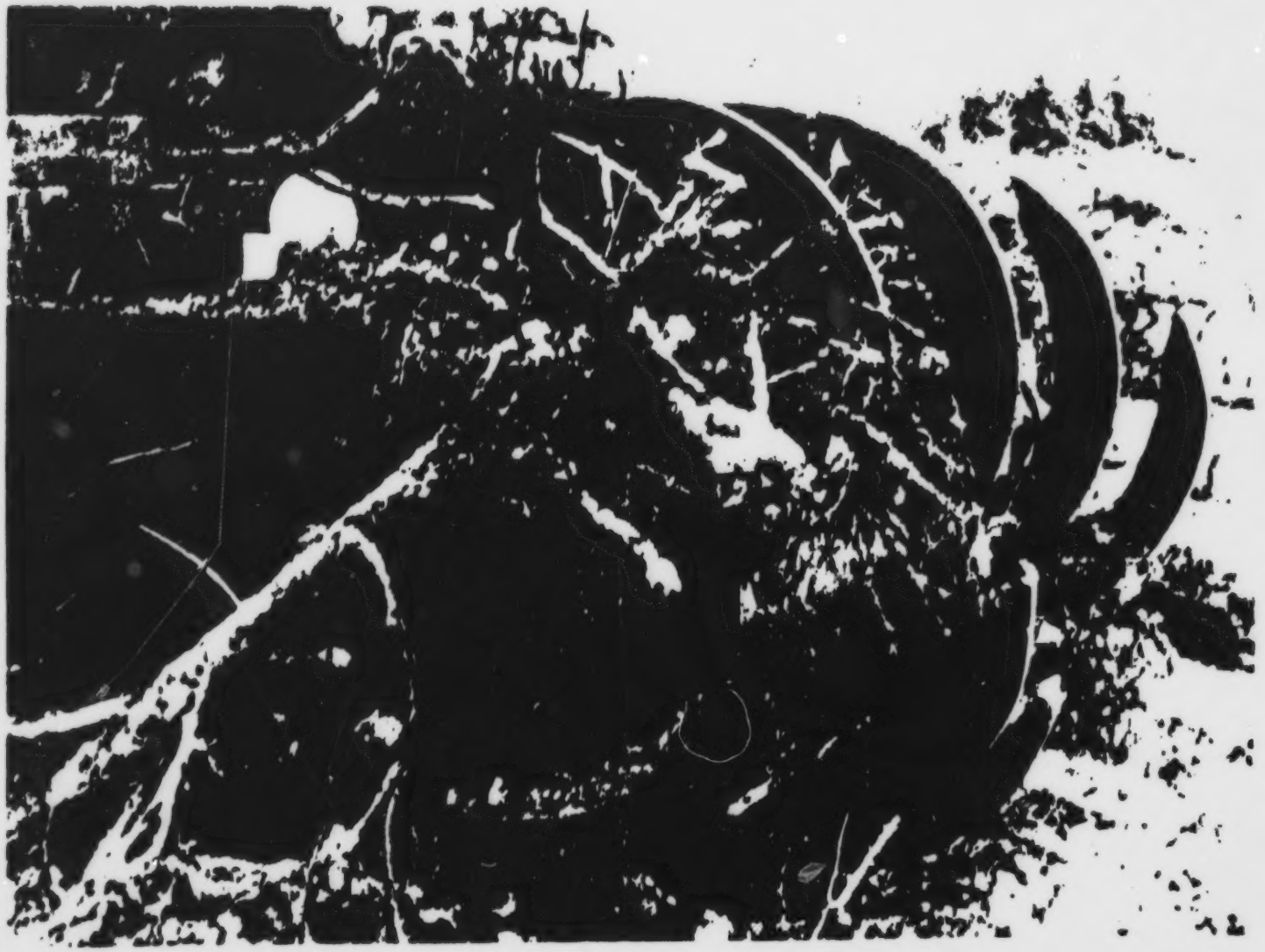


Photo 11: Vue de l'arrangement des dents de RECUFOR

L'usine, sur une base d'opération de deux quarts par jour, emploie dix-huit ouvriers et trois mécaniciens. Les ouvriers de chaque quart de travail occupent les fonctions suivantes:

	Nombre d'ouvriers
- Opérateur de la grue de manutention Kockums	1
- Opérateur d'ébrancheuse	3
- Opérateur de la grue d'alignement	1
- Préposé à la surveillance des écorceuses	2
- Homme à tout faire	1
- Opérateur de la grue dans la cour	1
Total	9

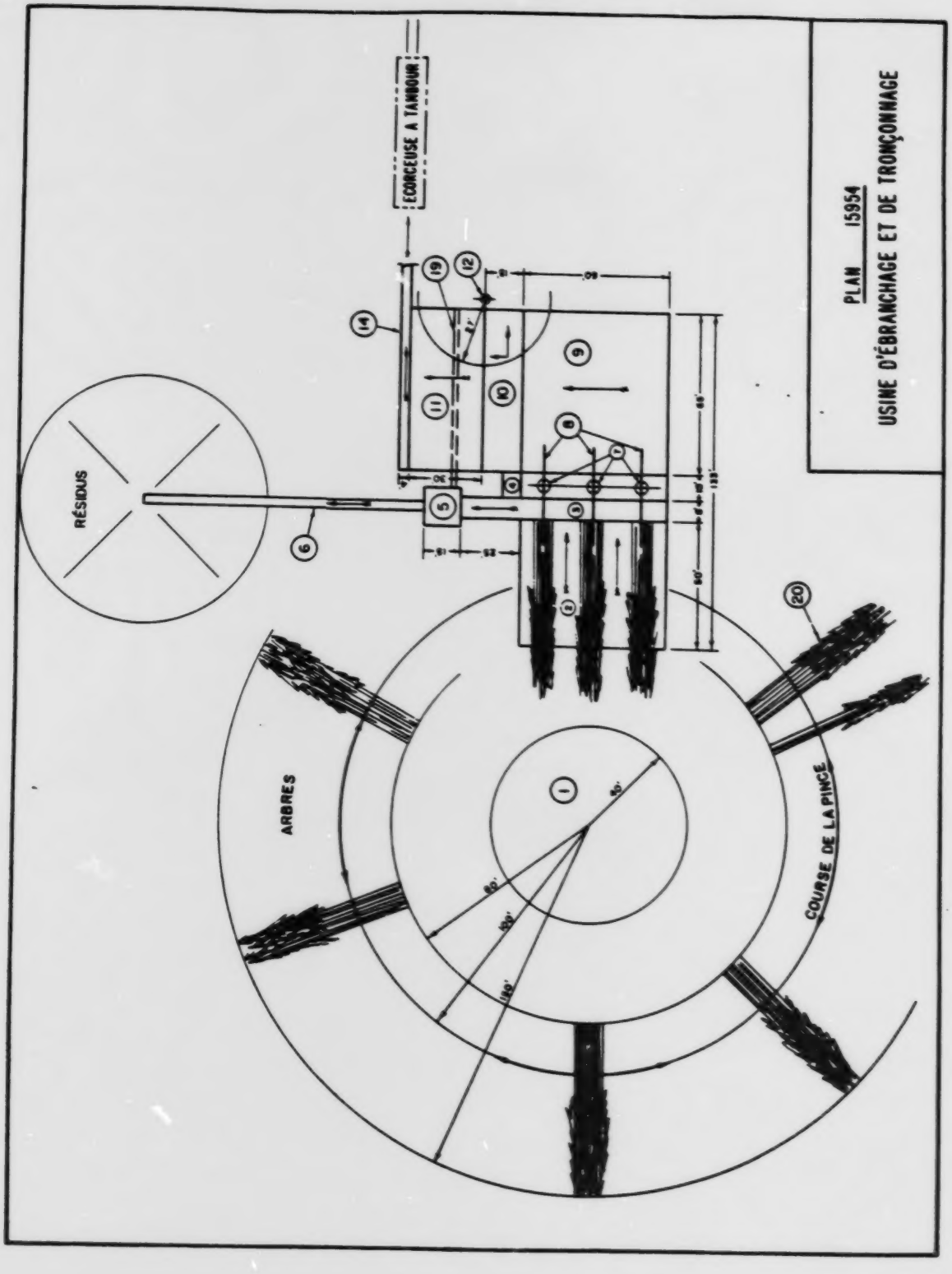
3.2 Variantes de l'usine étudiée

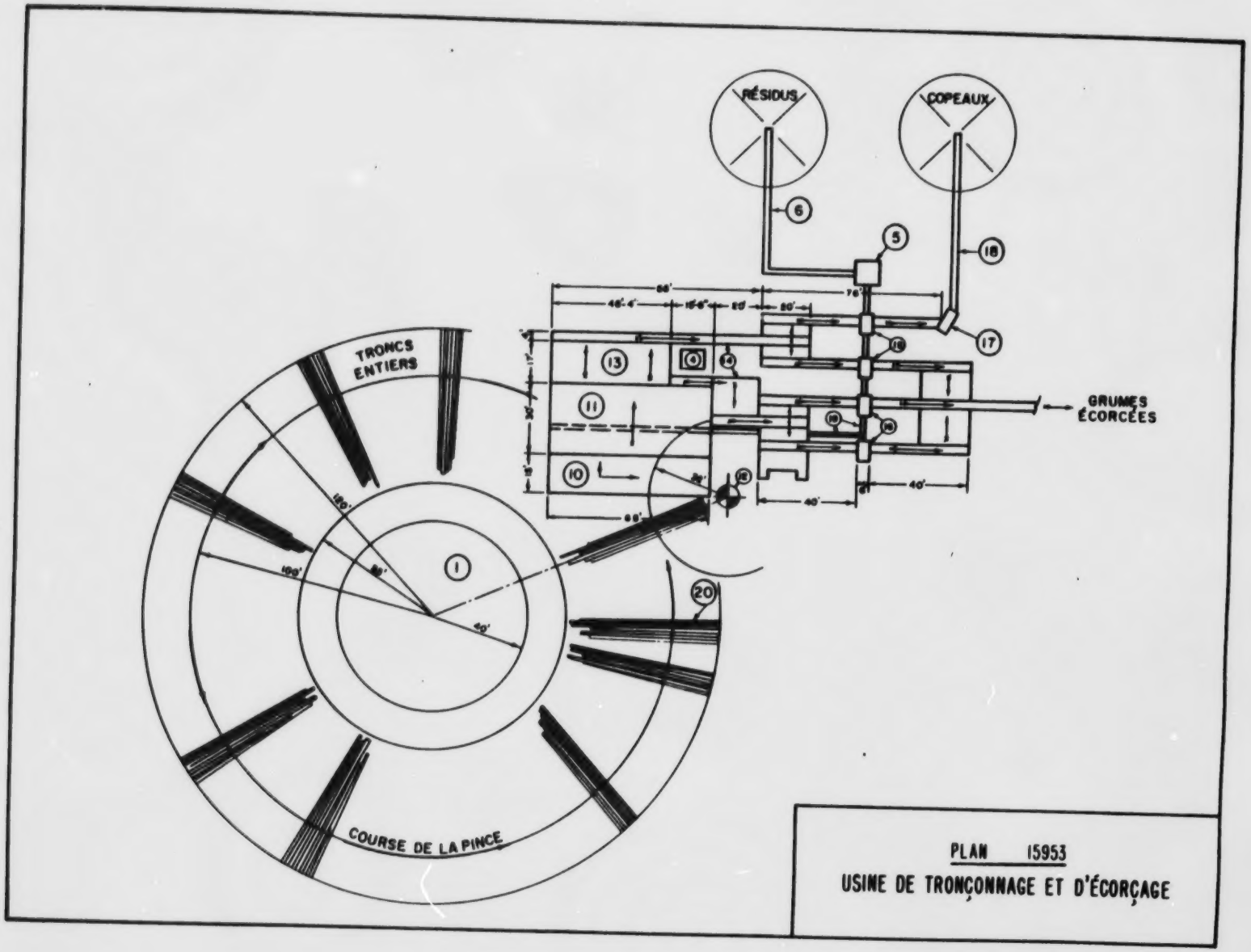
Une des variantes, présentée au plan 15954, consiste à remplacer les écorceuses à couteaux par une écorceuse à tambour comme ce serait le cas si les bois étaient destinés exclusivement à la production de pâte ou papier. L'écorceuse à tambour peut être éloignée des autres équipements et posséder son propre système de récupération de l'écorce.

Le plan 15953 présente une usine similaire à celle décrite au plan 15949 mais alimentée en troncs entiers plutôt qu'en arbres entiers. La section d'ébranchage est supprimée. La grue Kockums (1) dépose les troncs à l'entrée de la section d'alignement (10) où la grue à mât articulé (12) assure leur acheminement ordonné à la table de tronçonnage (11). Cette variante est présentée afin de mettre en évidence les différences occasionnées par le traitement d'arbres entiers plutôt que de troncs entiers.

3.3 Productivité de l'usine étudiée

Les ébrancheuses sont les seuls équipements vraiment nouveaux de l'usine proposée. La table de tronçonnage et les écorceuses sont de conception classique et leur capacité de production est basée sur de nombreuses


ÉCORCEUSE À TAMBOUR
RÉSIDUS
ARBRES
COURSE DE LA PINCE
PLAN 15954
USINE D'ÉBRANCHAGE ET DE TRONÇONNAGE


RÉSIDUS
COPEAUX
TRONCS ENTIERS
GRUMES ÉCORCÉES
COURSE DE LA PINCE
PLAN 15953
USINE DE TRONÇONNAGE ET D'ÉCORÇAGE

heures d'opération dans des scieries de l'est du Canada. Les équipements montrés au plan 15949 sont capables de traiter 300,000 mètres cubes par année.

La productivité de l'ébranchage est l'élément critique de la productivité de l'usine. Le nombre d'ébrancheuses a été fixé à trois en considérant que chacune traiterait de 190 à 200 arbres par heure productive. Ce rythme de production est basé sur l'observation d'ébrancheuses travaillant en bordure de route et d'ébrancheuses-tronçonneuses Arbomatik lesquelles étaient alimentées arbre par arbre par un mât télescopique comme proposé au plan 15950.

Le taux d'utilisation de l'usine a été établi à 85%. Ce taux tient compte de l'aspect modulaire des ébrancheuses et des écorceuses ainsi que d'un horaire de travail de 16 heures par jour permettant d'effectuer des réparations entre les périodes de production.

La capacité de production annuelle des ébrancheuses à raison de 3,840 heures travaillées par année et d'un taux d'utilisation de 85%, est de 1,860,000 arbres. Le volume de production varie avec la grosseur des arbres comme suit:

- 316,200 m^3 pour des arbres d'un volume moyen de 170 dm^3
- 297,600 m^3 " " " " " " " 160 dm^3
- 279,000 m^3 " " " " " " " 150 dm^3
- 260,400 m^3 " " " " " " " 140 dm^3
- 241,800 m^3 " " " " " " " 130 dm^3

Pour les fins de cette étude, une production annuelle de 300,000 mètres cubes est retenue compte tenu que si le volume moyen par arbre diminue, le nombre d'arbres traités à l'heure est sujet à augmenter et à compenser la perte de production.

3.4 Risques de mauvais fonctionnement de l'usine

L'ébranchage d'arbres en usine est nouveau et, même si tous les équipements proposés sont d'usage courant ou ont déjà été expérimentés individuellement, leur assemblage dans une ligne de production peut résulter en une production supérieure ou inférieure à celle escomptée.

Les risques de mauvais fonctionnement de l'usine, et les solutions pour y pallier le cas échéant, font l'objet des commentaires suivants:

- La grue Kockums K-100 n'a jamais été utilisée pour la manutention d'arbres entiers. Si elle s'avérait inefficace, il faudrait la remplacer par des grues mobiles pour le déchargement des camions et l'alimentation des ébrancheuses. Dans ce cas, la table d'alimentation des ébrancheuses (2) devrait être munie d'un plancher mobile pour fournir l'ébrancheuse du centre.

- Le mécanisme d'ébranchage et d'étêtage des arbres, de même que le mât télescopique servant à l'alimentation, sont des pièces d'équipement fiables. L'éjection des troncs à l'arrière de l'ébrancheuse et le dégagement des branches et des houppiers à l'avant sont les sources éventuelles de difficultés de cette opération.

- Le mécanisme de retenue et d'éjection des troncs est nouveau. Les troncs sont retenus sur la table d'éjection jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment avancés pour être projetés par le rouleau propulseur jusqu'au fond de la table de réception. La forte variation de la longueur des troncs complique l'agencement du bras de retenue et du rouleau propulseur, d'où la nécessité d'expérimenter ce mécanisme avant de procéder à la conception définitive de l'usine.

- La largeur de la section d'alignement à rouleaux spiralés (10) peut être augmentée ou diminuée en fonction du degré d'alignement obtenu avec le

mécanisme d'éjection. Les troncs une fois alignés, prêts à monter sur la table de tronçonnage, ne font plus appel à aucune technique nouvelle.

- Le convoyeur prévu pour le dégagement des branches et des houppiers en face des ébrancheuses mesure 2.4 mètres (8 pieds) de large; il peut être élargi si nécessaire.

- L'appareil de fractionnement des branches et des houppiers, Récufor, est actuellement en développement et les essais effectués jusqu'à présent sont très prometteurs. Toutefois, si l'accouplement de Récufor à un broyeur ne produit pas le rendement désiré, une découpeuse à tambour ou à disque pour le petit bois peut constituer une alternative valable.

Tous les problèmes éventuels devront être examinés et solutionnés avant que la construction d'une telle usine puisse débuter. Aucun des problèmes soulevés précédemment ne semble insurmontable et les risques de mauvais fonctionnement paraissent minimes.

La construction et l'expérimentation d'une unité d'ébranchage incluant les dispositifs pour l'évacuation et le broyage des résidus est une phase essentielle à la réalisation du complexe proposé. Son essai permettrait de préciser les paramètres d'opération des ébrancheuses et de fixer le nombre et les dimensions des composantes du centre de traitement des arbres.

3.5 Accroissement ou diminution de la capacité de production de l'usine

L'usine étudiée (plan 15949) peut recevoir une seule ébrancheuse additionnelle pour porter sa production annuelle maximum à 400,000 mètres cubes. Ce niveau de production exige l'installation d'une écorceuse additionnelle. L'augmentation de 33% de la capacité de production ainsi obtenue entraîne une hausse des investissements et des coûts d'opération de l'ordre de 17%, d'où une diminution d'environ 12% du coût unitaire d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage.

Une autre façon d'accroître la production annuelle est d'augmenter le nombre d'heures travaillées par année. On doit cependant retenir que toute augmentation de l'horaire de travail risque de réduire le taux d'utilisation des équipements car une plus grande partie des travaux de réparation et d'entretien doit alors être exécutée pendant les heures productives.

Pour produire plus de 400,000 mètres cubes par année, il faut considérer la construction d'une deuxième usine similaire à celle présentée au plan 15949 en ajustant le nombre d'ébrancheuses et d'écorceuses des usines à la production désirée.

Si la production annuelle désirée est moindre que 300,000 mètres cubes, le nombre d'ébrancheuses et d'écorceuses du plan 15949 peut être réduit proportionnellement. Si le niveau de production diminue beaucoup, les méthodes de tronçonnage et de manutention des arbres devront être remises en question et la diminution du niveau de production sera sujette à produire une hausse du coût unitaire de traitement.

Les implications pratiques et économiques d'une diminution de production ne sont pas évaluées car les besoins particuliers de chaque utilisateur deviennent alors décisifs dans le choix du mode de tronçonnage et d'écorçage et finalement dans la rentabilité du projet.

3.6 Conclusions

A notre connaissance, il n'existe pas actuellement d'usine de traitement d'arbres entiers au Canada. Il se fait cependant des recherches dans ce domaine et la compagnie Forano, entre autres, a élaboré les plans d'une telle usine.

L'inexistence actuelle d'usines d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage ne semble pas due à des difficultés techniques mais plutôt à une absence de demande. La tendance de récupérer les déchets forestiers à des fins énergétiques est sujette à créer cette demande d'ici peu.

CHAPITRE 4

ANALYSE ECONOMIQUE DE LA RECUPERATION DES RESIDUS D'EXPLOITATION

On a traité dans les chapitres précédents de la quantité de biomasse forestière pouvant être récupérée dans une exploitation commerciale pratiquée à l'aide du système d'arbres entiers, des problèmes d'ordre pratique que posent l'exploitation et le transport de tels arbres, et d'un concept d'usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage permettant de récupérer les écorces, branches et houppiers en vue de leur utilisation pour la production d'énergie. On verra maintenant dans quelle mesure cette récupération s'avère financièrement attrayante pour les industriels forestiers.

Comme l'on récupère l'écorce aussi bien dans le système de troncs entiers que dans celui d'arbres entiers, la biomasse additionnelle se trouve constituée uniquement de branches et de houppiers. Dans le contexte de ce chapitre, les résidus d'exploitation réfèrent donc toujours à ces deux seuls composants de l'arbre entier.

4.1 Méthode d'analyse économique

L'exploitation de matière ligneuse en vue de la récupération des branches et houppiers dans un centre de façonnage conçu à cette fin entraîne nécessairement un changement de méthode d'exploitation. Généralement, on devra passer du système de troncs entiers à celui d'arbres entiers.
Un tel changement accroît les investissements requis mais se traduit par une baisse des frais nets d'opération, baisse attribuable à la vente des résidus pour la production d'énergie. Lors de l'analyse économique, cette diminution des frais d'opération est considérée comme un revenu attribuable à l'investissement additionnel.

La rentabilité de la récupération des branches et houppiers est calculée par la méthode du flux monétaire actualisé, c'est-à-dire en actualisant

les investissements additionnels requis et les revenus annuels (calculés sous forme de diminution des frais d'opération) découlant de tels investissements. Le taux de rendement de cette activité industrielle correspond au taux d'actualisation rendant la valeur présente des investissements égale à celle des revenus annuels. L'horizon retenu est de 15 ans, ce qui correspond à la durée prévue de l'usine de façonnage. Soulignons que les calculs sont faits en tenant compte de l'impôt sur le revenu qui constitue une dépense normale d'opération. Comme le traitement fiscal varie d'un actif à l'autre, le rendement d'un investissement après impôt n'est évidemment pas le même que celui calculé avant impôt.

Soulignons également que les calculs sont faits en dollars constants (prix réels). Le taux de rendement qui en découle est donc exempt de l'inflation. Il pourra paraître faible à celui qui serait tenté de le comparer à un taux d'investissement comprenant l'inflation, comme celui des obligations du Canada. Afin d'éviter des erreurs possibles d'interprétation des résultats, on ramènera, le cas échéant, en dollars courants les taux de rendement présentés dans ce chapitre à l'aide de l'équation suivante:

$$TRC = TRR + (TI \times TRR) + TI$$

où: TRC = Taux de rendement aux prix courants (incluant l'inflation)

TRR = Taux de rendement aux prix réels (sans inflation)

TI = Taux d'inflation

Ainsi, un taux de rendement de 6% aux prix réels équivaut à un taux de rentabilité aux prix courants de 16.6% lorsque le taux d'inflation est de 10%. D'autre part, si l'on se contente d'un ordre de grandeur du taux de rendement aux prix courants, on pourra simplement ajouter le taux d'inflation au taux de rendement calculé aux prix réels.

Afin de clarifier les idées sur la méthode d'analyse économique retenue, on propose l'exemple suivant. On veut déterminer le rendement de la

production de billes écorcées en comparant les coûts d'un approvisionnement par troncs entiers à ceux d'un approvisionnement par arbres entiers permettant la récupération des branches et des cimes pour fins énergétiques. Pour ce faire, on dispose des données suivantes, lesquelles incluent les coûts de façonnage:

a. Paramètres fiscaux

- Taux d'impôt: 45%
- Taux admissible d'amortissement:
  - o Investissement de classe A (matériel roulant) - 30% régressif/an
  - o " " " B (camps, usines) - 20% régressif/an

b. Dépenses annuelles d'opération, arbres entiers

- Dépenses annuelles brutes	$6,485,000
- Ventes annuelles de la biomasse récupérée	1,302,000
- Dépenses annuelles nettes	$5,183,000

c. Dépenses annuelles d'opération, troncs entiers $5,774,000

d. Diminution des dépenses (ou revenus annuels)

- Avant impôt ($5,774,000 - $5,183,000)	$ 591,000
- Après impôt ($591,000 X 0.55)	$ 325,050

e. Investissements additionnels avant impôt

Les investissements se lisent comme suit:

ANNEE	ARBRES ENTIERS		TRONCS ENTIERS		INVESTISSEMENTS ADDITIONNELS	
	CLASSE D'INVESTISSEMENT					
	A	B	A	B	A	B
0	5,150,000	7,750,000	4,205,000	5,250,000	945,000	2,500,000
6	2,250,000		1,462,500		787,500	
7	2,160,000		2,124,000		36,000	
8	225,000		198,000		27,000	
12	2,250,000		1,462,500		787,500	
15	(1,215,000)*	(775,000)*	(826,750)*	(525,000)*	(388,250)*	(250,000)*

* Valeur résiduelle

f. Valeur des investissements additionnels après impôt

Afin de calculer le montant des investissements après impôt, il faut déterminer ce que l'on convient d'appeler le "facteur du coût en capital", soit le facteur par lequel on doit multiplier l'investissement avant impôt pour obtenir sa valeur après impôt. On peut le déterminer à l'aide de l'équation suivante:[1)]

$$\text{Facteur du coût en capital} = 1 - \frac{(td)}{i + d}$$

où t = taux d'impôt

d = taux admissible d'amortissement

i = taux d'actualisation (ou taux de rendement)

Comme le taux de rendement constitue l'inconnue dans ce problème, on ne peut à ce moment-ci quantifier le facteur du coût en capital. On

1) On peut trouver la démonstration de cette formule dans: "Manuel Pratique sur l'Analyse de la Rentabilité des Projets d'Investissement", C.G. Edge, 1964.

supposera donc plusieurs valeurs de "i" jusqu'à ce que la valeur présente des investissements égale celle des revenus calculés après impôt. Cette méthode par approximations successives étant très longue, on fait généralement appel à l'ordinateur pour résoudre ce genre de problème.

Soit un taux-épreuve de 9%. On obtient ainsi les facteurs suivants de coût en capital:

Investissement de classe A: $F = 1 - \frac{(.45)x(.30)}{.09 + .30} = 0.6538$

Investissement de classe B: $F = 1 - \frac{(.45)x(.20)}{.09 + .20} = 0.6897$

Le tableau des investissements additionnels après impôt se lit donc:

	---- CLASSE A ------		---- CLASSE B ----	
ANNEE	AVANT IMPOT	APRES IMPOT	AVANT IMPOT	APRES IMPOT
0	945,000	617,841	2,500,000	1,724,250
6	787,500	514,868		
7	36,000	23,537		
8	27,000	17,653		
12	787,500	514,868		
15	(388,250)	(253,838)	(250,000)	(172,425)

g. Valeur présente des revenus annuels après impôt

La valeur présente des revenus annuels après impôt s'établit en multipliant le revenu annuel par le facteur cumulatif de valeur actuelle:

$$\frac{(1 + i)^n - 1}{i\ (1 + i)^n}$$

Pour un horizon de 15 ans et un taux d'intérêt de 9%, ce facteur est égal à 8.061.

La valeur présente des revenus annuels est donc égale à:

$325,050 X 8.061 = $2,620,228

h. Valeur présente des investissements additionnels après impôt et taux de rendement

La valeur présente d'un investissement après impôt se détermine en multipliant le montant de cet investissement par le facteur approprié de valeur actuelle:

$$\frac{1}{(1 + i)^n}$$

On peut donc dresser pour les investissements retenus dans l'exemple précédent le tableau suivant:

ANNEE	FACTEUR DE VALEUR ACTUELLE (i = 9%)	INVESTISSEMENTS CLASSE A APRES IMPOT	INVESTISSEMENTS CLASSE A VALEUR PRESENTE	INVESTISSEMENTS CLASSE B APRES IMPOT	INVESTISSEMENTS CLASSE B VALEUR PRESENTE
0	1.0000	$617,841	617,841	1,724,250	1,724,250
6	0.5963	514,868	307,016		
7	0.5470	23,537	12,875		
8	0.5019	17,653	13,551		
12	0.3555	514,868	183,036		
15	0.2745	(253,838)	(69,678)	(172,425)	(47,331)
TOTAL			1,064,641		1,676,919

La valeur présente des investissements de classe A et B est donc égale à: $1,064,641 + 1,676,919 = $2,741,560. Comme elle se rapproche de la valeur présente des revenus annuels ($2,620,228), le taux de rendement se situe donc autour de 9%. Si l'on désire plus de précision, on n'aura qu'à reprendre les calculs pour des taux-épreuve se situant aux environs de 8.5%. L'utilisation d'un ordinateur permet de trouver rapidement le taux recherché. Dans cet exemple, il est de 8.3%.

4.2 Systèmes d'exploitation retenus

Trois systèmes d'exploitation d'arbres entiers et trois systèmes de troncs entiers font l'objet de la présente étude économique. On peut les décrire succinctement comme suit:

Tableau 12

SYSTEMES PAR ARBRES ENTIERS

OPERATION	A1 ABATTAGE MANUEL	A2 ABATTAGE MECANISE	A3 ABATTAGE-PORTAGE MECANISE
Abattage	Scie à chaîne, un abatteur par équipe	Abatteuse-assembleuse	Abatteuse-porteuse (Koehring KFF)
Débardage	Débardeur à câbles, environ 120 HP	50% débardeur à pince 50% semi-porteur	Abatteuse-porteuse (Koehring KFF)
Transport	Camion-remorque	Camion-remorque	Camion-remorque
Ebranchage Ecimage Tronçonnage Ecorçage	Usine de façonnage	Usine de façonnage	Usine de façonnage

Tableau 13

SYSTEMES PAR TRONCS ENTIERS

OPERATIONS	T1 ABATTAGE MANUEL	T2 ABATTAGE MECANISE	T3 ABATTAGE-PORTAGE MECANISE
Abattage	Scie à chaîne 50% 2 abatteurs/ équipe 50% 1 abatteur/ équipe	Abatteuse-assembleuse	Abatteuse-porteuse (Koehring KFF)
Ebranchage Ecimage	Scie à chaîne 50% 2 abatteurs/ équipe 50% 1 abatteur/ équipe	Ebrancheuse mécanique, bord route	Ebrancheuse mécanique, bord route
Débardage	Débardeur à câbles environ 90 HP	50% débardeur à pince 50% semi-porteur	Abatteuse-porteuse (Koehring KFF)
Transport	Camion-remorque	Camion-remorque	Camion-remorque
Tronçonnage Ecorçage	Usine de façonnage	Usine de façonnage	Usine de façonnage

4.3 Données fondamentales

L'étude retient les données fondamentales suivantes:

Production annuelle: 300,000 mètres cubes de bois marchand, ce qui correspond à la capacité de production de l'usine de façonnage décrite au chapitre 3.

Biomasse récupérée: (branches et houppiers)

225 kilogrammes de matière verte par mètre cube marchand, un contenu en eau égal à 45% de ce poid, d'où une masse anhydre de 124 kg/m^3. La production annuelle de biomasse est donc de 37,200 tonnes anhydres. L'écorce représente 55 kg anhydres/m^3 mais, comme cette matière est récupérée dans tous les procédés, on n'en tient pas compte dans cette analyse puisque les revenus qui en découlent s'annulent.

Conditions d'exploitation:

Conditions représentatives de l'est du Canada, soit un volume moyen par arbre de 130 décimètres cubes, un volume marchand à l'hectare (arbre dont le DHP $\geq$ 10cm) de 130 mètres cubes, un terrain solide au relief ondulé, permettant de mécaniser intégralement les opérations forestières dans une proportion d'environ 70%.

Camionnage:

Distance moyenne de 80 kilomètres, entièrement sur route privée. L'effet d'une distance supérieure à 80 km est évalué en fin de chapitre.

Paramètres fiscaux:

- Taux d'impôt - 45%
- Investissements de classe A -
  Taux régressif d'amortissement de 30%. Cette classe comprend tous les engins d'exploitation
- Investissements de classe B -
  Taux régressif d'amortissement de 20%. Cette classe comprend les camps forestiers et l'usine de façonnage
- Valeur résiduelle des équipements égale à 10% de leurs prix d'achat

4.4 Dépenses annuelles nettes d'opération et investissements

Comme on l'a vu dans l'exemple précédent, l'analyse économique porte sur la comparaison entre l'emploi du système par troncs entiers et celui par arbres entiers avec récupération des branches et houppiers et exige que soient estimées les dépenses nettes d'opération et les investissements des systèmes que l'on désire comparer. L'expression "dépenses nettes" se rapporte aux arbres entiers et suppose qu'on a soustrait des dépenses normales d'opération les revenus découlant de la vente de la biomasse récupérée.

4.4.1 Dépenses annuelles d'opération

Les dépenses d'opération sont calculées hors amortissement et comprennent les coûts d'exploitation, de transport et de façonnage à l'usine. Elles se subdivisent en deux grandes catégories, les dépenses annuelles fixes qui sont indépendantes du volume de production et les dépenses variables qui sont directement proportionnelles à ce même volume.

a. Dépenses fixes

Parmi les dépenses fixes, on ne retient que celles qui diffèrent d'un système d'exploitation à l'autre. Ainsi, les frais de comptabilité ou les redevances n'ont pas à être retenus puisqu'ils demeurent les mêmes peu importe le système étudié et s'annulent donc lors de l'analyse économique. Par contre, les frais de mesurage ou d'entretien de camp varient d'un système à l'autre et doivent être considérés. Pour les fins de la présente étude, les dépenses fixes ne comprennent que les quatre postes suivants:

- Mesurage
- Logement de la main-d'oeuvre en forêt
- Entretien des camps
- Chauffage des camps et électricité

On présente à l'annexe 2 le détail du calcul de ces coûts alors que le tableau 14 en fournit le sommaire. La précision de ces estimations est acceptable pour les fins de l'étude mais elle pourrait, si nécessaire, être plus serrée. Cependant, comme les coûts fixes ne représentent qu'environ 10% du coût total, une erreur à ce niveau n'a que peu d'effet sur la précision de l'ensemble des coûts.

Tableau 14

SOMMAIRE DES DEPENSES FIXES

($/mètre cube)

POSTE DE DEPENSE	TRONCS ENTIERS			ARBRES ENTIERS		
	ABATTAGE MANUEL	ABATTAGE MECANISE	ABATTAGE-PORTAGE MECANISE	ABATTAGE MANUEL	ABATTAGE MECANISE	ABATTAGE-PORTAGE MECANISE
Mesurage	0.48	0.36	0.36	0.48	0.36	0.36
Logement	1.01	0.84	0.77	0.91	0.79	0.65
Entretien des camps	0.28	0.20	0.20	0.28	0.20	0.20
Chauffage & électricité	0.32	0.25	0.25	0.32	0.25	0.25
TOTAL	2.09	1.65	1.58	1.99	1.60	1.46

b. Dépenses variables d'exploitation

Les dépenses variables d'exploitation comprennent tous les coûts relatifs à la récolte et au transport des troncs ou arbres entiers mais n'incluent pas les coûts de manutention et de façonnage à l'usine, ceux-ci étant traités séparément. De plus, ces dépenses sont calculées hors amortissement.

Afin d'accélérer les calculs et de modifier facilement les valeurs de certains paramètres importants des systèmes d'exploitation étudiés, on a programmé sur ordinateur une méthode d'estimation des dépenses variables. On présente au tableau 15 les principaux inputs propres à ce programme alors que les deux pages suivantes montrent les outputs. On y trouve plusieurs éléments nécessaires à l'analyse économique de la production de biomasse, soit les investissements requis en équipements forestiers, les dépenses variables et les besoins en main-d'oeuvre, ces dépenses permettent d'établir, dans une étape ultérieure, les investissements relatifs aux camps forestiers.

Les sources de renseignements ayant servi à déterminer la valeur des inputs sont nombreuses et fiables. Notons tout particulièrement les données obtenues des manufacturiers et concessionnaires des équipements retenus et celles que nous ont fournies de nombreux exploitants forestiers d'expérience. Nous avons également puisé des données dans nos propres sources de renseignements, sources qui s'appuient sur plusieurs études de productivité et de coût de tels équipements.

Tableau 15

VALEUR DES PRINCIPAUX PARAMETRES QUI ONT SERVI A CALCULER LES DEPENSES VARIABLES D'OPERATION DE L'EQUIPEMENT D'EXPLOITATION ET DE TRANSPORT

	DEBARDEUR A CABLES		ABATTEUSE ASSEMBLEUSE	DEBARDEUR A PINCE	SEMI-PORTEUR	ABATTEUSE-PORTEUSE	EBRANCHEUSE	GRUE DE CHARGEMENT		CAMIONS	
	TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS						TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS	TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS
Prix d'achat en $	60,000	75,000	185,000	105,000	180,000	315,000	195,000	220,000	250,000	125,000	125,000
Vie en heures productives	10,000	10,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Vie en années	7	7	6	7	6	6	6	7	6	6	6
Heures prévues/année	1,600	1,600	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	380[B]	380[B]
Taux d'utilisation en %	90	90	75	80	75	75	75	75	75	75	75
Productivité en m^3/hr prod.	6.8	6.8	18.0	9.8	19.0	13.2	18.0	70.0	62.5	9.9[C]	7.3[C]
Heures réparation/hr prod.	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Coût service mécanique par heure réparation en $	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Coût des pièces en % du prix d'achat de l'équipement	100	100	100	100	100	100	100	100	100	$5.50[D]	$5.50[D]
Consommation carburant:											
- litres/hr productive	11.40	13.25	15.00	13.20	11.40	34.00	15.00	22.70	22.70		
- km/litre										1.7	1.7
Salaire horaire/opérateur ($)	12.00[A]	12.00[A]	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Bénéfices marginaux en % du salaire	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

A) Le nombre d'hommes par débardeur à câbles est en moyenne de 2.5 (50% équipe de 3 et 50% équipe de 2) pour l'exploitation par troncs entiers et de 2 pour l'exploitation par arbres entiers. Ce personnel est généralement payé à forfait à un taux équivalent à $12.00 par heure travaillée.

B) Nombre de quarts de travail par année au lieu du nombre d'heures prévues

C) Cette productivité correspond à une distance de transport de 80 km.

D) Coût des pièces par heure productive.

ABATTAGE MECANISE D'ARBRES ENTIERS

(Les principaux inputs se trouvent au tableau 15)

TABLEAU DE L'UTILISATION, DES COUTS ET DE LA PRODUCTIVITE DES MACHINES ET DES CAMIONS

NUMERO DE MACHINE	1	2	3	4	1	
FONCTION	CHAR	ABAT	DEB	DEB	CAM	
NOMBRE DISPONIBLE	2	7	7	3	16	
NOMBRE UTILISE	1.90	6.61	5.94	3.00	15.04	
PROD. EN 1000 M.C.	300.00	300.00	156.36	143.64	300.00	INVESTISSEMENT
TAUX D'UTILISATION	75.00	75.00	80.00	75.00	75.00	TOTAL EN 1000$
CAPITAL EN 1000$	500	1295	735	540	2000	5070
		COUTS EN $ PAR HEURE PRODUCTIVE				
COUTS DE POSSESSION						
AMORTISSEMENT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
INT. SUR CAPITAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AUTRES	2.08	1.55	0.92	1.43	0.97	
SOUS-TOTAL	2.08	1.55	0.92	1.43	0.97	
COUTS D'OPERATION						
MECANICIENS	8.00	8.00	6.00	8.00	8.00	
PIECES	16.67	12.33	7.00	12.00	5.50	
PNEUS	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	
CARBURANT	8.40	5.55	4.88	4.22	7.25	
AUTRES	2.10	1.40	1.25	1.05	0.75	
SOUS-TOTAL	35.17	27.28	19.13	25.27	25.16	
TOTAL PAR MACHINE	37.25	28.84	20.06	26.70	26.13	
COUTS MAIN D'OEUVRE						
OPERATEUR	15.60	15.60	14.62	15.60	15.60	
AIDE OPERATEUR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL MAIN D'OEUVRE	15.60	15.60	14.62	15.60	15.60	
TOTAL COUTS/H. PROD.	52.85	44.44	34.68	42.30	41.73	
		PRODUCTION ET COUTS EN $ PAR M.C.				
PRODUCTION / H. PR-.	62.50	18.00	9.80	19.00	7.28	
COUTS PAR UNITE						
FRAIS FIXES	0.03	0.09	0.09	0.08	0.13	
FRAIS VARIABLES	0.56	1.52	1.95	1.33	3.45	
MAIN D'OEUVRE	0.25	0.87	1.49	0.82	2.14	
TOTAL	0.85	2.47	3.54	2.23	5.73	

RESUME DES COUTS PAR SYSTEME D'EXPLOITATION

MACHINE ET OPERATION	VOL. EN M.C.	MAIN D'OEUVRE HEURES	MAIN D'OEUVRE $/H.	MAIN D'OEUVRE $	MACHINE HEURES	MACHINE $/H.	MACHINE $	COUT TOTAL	COUT PAR M.C.
SYSTEME D'EXPLOITATION DE PRIORITE 1									
2 ABAT	300000	22222	11.70	260000	16667	28.84	480622	740622	2.47
4 DEB	143640	10080	11.70	117936	7560	26.70	201826	319762	2.23
3 DEB	156360	19944	11.70	233343	15955	20.06	319985	553328	3.54
	300000	52246		611279	40182		1002433	1613713	5.38
TOTAL DE TOUS LES SYSTEMES D'EXPLOITATION									
	300000	52246		611279	40182		1002433	1613713	5.38
ROUTE DE TRANSPORT 1									
1 CAM	300000	54924	11.70	642614	41193	26.13	1076378	1718992	5.73
1 CHAR	300000	6400	11.70	74880	4800	37.25	178795	253675	0.85
	300000	61324		717494	45993		1255173	1972667	6.58
TOTAL DE TOUTES LES ROUTES DE TRANSPORT									
	300000	61324		717494	45993		1255173	1972667	6.58
COUT TOTAL DE L'EXPLOITATION ET DU TRANSPORT									
	300000	113570		1328774	86175		2257606	3586330 DEPENSES ANNUELLES	11.95

Il importe ici d'apporter les précisions suivantes:

- En ce qui concerne l'exploitation d'arbres entiers, on a supposé que les débardeurs à câbles devaient être plus puissants que ceux utilisés pour le débardage de troncs entiers, d'où un prix d'achat de $75,000 dans le premier cas comparativement à $60,000 dans le deuxième.

- Peu importe le système d'exploitation étudié (troncs entiers ou arbres entiers), on a retenu la même grue de chargement sauf que, dans le cas des arbres entiers, la flèche est munie d'un grappin rotatif permettant la préhension des arbres par leur milieu plutôt que par le pied. Le prix d'achat de cet équipement est donc de $220,000 dans le cas des troncs entiers et de $250,000 dans celui des arbres entiers.

- On a également retenu des camions identiques pour le transport des troncs et arbres entiers, soit des camions-remorques de forte capacité de charge. Cependant, on a estimé des productivités différentes réflétant ainsi ce qui fut observé au cours des essais de transport. On présente ces estimés ci-dessous:

	TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS
Charge moyenne en m^3	45	35
Temps fixe/voyage en heures	1.00	1.25
Vitesse moyenne en km/heure	45	45

On présente aux tableaux 16 et 17 un résumé des principaux résultats obtenus. Le tableau 16 montre les coûts d'opération (hors amortissement) par heure productive des divers équipements retenus de même que le nombre de machines requis pour la production de 300,000 m^3 par année, alors que le tableau 17 présente le détail des coûts unitaires d'exploitation (dollars par mètre cube) ainsi que le total des dépenses variables annuelles.

Tableau 16

COUT D'OPERATION EN DOLLARS PAR HEURE PRODUCTIVE DE L'EQUIPEMENT D'EXPLOITATION ET DE TRANSPORT ET NOMBRE DE MACHINES REQUIS POUR UNE PRODUCTION ANNUELLE DE 300,000 METRES CUBES (HORS AMORTISSEMENT)

	DEBARDEUR A CABLES		ABATTEUSE ASSEMBLEUSE	DEBARDEUR A PINCE	SEMI-PORTEUR	ABATTEUSE-PORTEUSE	EBRANCHEUSE	GRUE DE CHARGEMENT		CAMIONS	
	TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS						TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS	TRONCS ENTIERS	ARBRES ENTIERS
	($/HEURE PRODUCTIVE)										
Mécaniciens	6.00	6.00	8.00	6.00	8.00	10.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Pièces	6.00	7.50	12.33	7.00	12.00	21.00	13.00	14.67	16.67	5.50	5.50
Pneus (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.86	3.66
Carburant	4.22	4.90	5.55	4.88	4.22	12.58	5.55	8.40	8.40	7.64	7.25
Autres	1.87	2.09	2.95	2.18	2.48	6.10	3.04	4.15	4.18	1.83	1.72
Total coût machine	18.09	20.49	28.84	20.06	26.70	49.68	29.59	35.22	37.25	26.83	26.13
Opérateurs	43.33	34.67	15.60	14.62	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60
Coût total	61.42	55.16	44.44	34.68	42.30	65.28	45.19	50.82	52.85	42.43	41.73
Coût en $ par mètre cube	9.03	8.11	2.47	3.54	2.23	4.95	2.51	0.73	0.85	4.30 B)	5.73 B)
Nombre de machines	32	32	7	7 C)	3 C)	9	7	2	2	13 B)	16 B)

A) Le coût des pneus ne s'applique qu'aux camions. Pour ce qui est des autres équipements, il est compris dans le coût des pièces.

B) Distance de transport de 80 kilomètres.

C) Les 7 débardeurs à pince et les 3 semi-porteurs produisent conjointement 300,000 m^3 par année.

Tableau 17

DEPENSES VARIABLES D'EXPLOITATION
(HORS AMORTISSEMENT)

OPERATION	PRODUCTION ET TRANSPORT DE TRONCS ENTIERS			PRODUCTION ET TRANSPORT D'ARBRES ENTIERS		
	ABATTAGE MANUEL	ABATTEUSE-ASSEMBLEUSE	ABATTEUSE-PORTEUSE	ABATTAGE MANUEL	ABATTEUSE-ASSEMBLEUSE	ABATTEUSE-PORTEUSE
			($/mètre cube)			
Abattage Débardage Ebranchage	] 3.03	2.47 2.91 2.51	] 4.95 2.51	] 8.11 -	2.47 2.91 -	] 4.95 -
Total exploitation	9.03	7.89	7.46	8.11	5.38	4.95
Chargement Camionnage	0.73 4.30	0.73 4.30	0.73 4.30	0.85 5.73	0.85 5.73	0.85 5.73
Total transport	5.03	5.03	5.03	6.58	6.58	6.58
Frais de camp	2.10	1.65	1.60	2.00	1.61	1.45
GRAND TOTAL	16.16	14.57	14.09	16.69	13.56	12.98
Dépenses annuelles d'exploitation ($) (300,000 m^3/an)	4,848,000	4,371,000	4,227,000	5,007,000	4,068,000	3,894,000

c. Dépenses variables de manutention et de façonnage à l'usine

La manutention des troncs ou arbres entiers à l'usine de façonnage comprend le déchargement des camions, l'alimentation de l'usine de façonnage et la manutention des stocks de bois dans le parc de l'usine, stocks permettant de pallier à l'absence de livraison de matière ligneuse durant la saison morte.

Les frais relatifs au déchargement des camions et à l'alimentation de l'usine étant compris dans les dépenses de façonnage, on ne retient dans les coûts de manutention que ceux se rapportant au chargement et au transport des stocks. Ces opérations sont assurées par une grue à flèche articulée identique à celles utilisées en forêt de même que par les camions servant normalement au transport des bois. Ce coût de manutention représente $0.90 le mètre cube pour les troncs entiers et $1.30 pour les arbres entiers. Cependant, vu qu'on ne garde en stock que le quart de la production annuelle, soit 75,000 m^3, les dépenses variables de manutention s'évaluent à $67,500 pour les troncs entiers et à $97,500 pour les arbres entiers. Quant aux dépenses de façonnage, on les estime à $2.86 le mètre cube pour les troncs entiers et à $4.60 pour les arbres entiers, soit des dépenses annuelles respectives de $859,000 et $1,477,200. (Le détail des coûts est présenté à l'appendice 1, rapport Hamilton.)

	USINE DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE PLAN 15953	USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE PLAN 15949
Dépenses unitaires, ($/$m^3$)		
- Manutention des stocks	0.90	1.30
- Façonnage	2.86	4.60
TOTAL	3.76	5.90
Dépenses annuelles ($)		
- Manutention des stocks	67,500	97,500
- Façonnage	859,100	1,379,700
TOTAL	926,600	1,477,200

Ces coûts de manutention et de façonnage à l'usine sont sujets à une plus grande imprécision que les coûts d'exploitation. En conséquence, ils sont soumis, dans une section subséquente de ce chapitre, à un test de sensibilité.

d. Investissements et main-d'oeuvre

Il est facile d'établir, à l'aide des données des tableaux 15 et 16, les investissements requis en équipement d'exploitation puisqu'on y fournit le prix d'achat de chaque type d'équipement et le nombre de machines nécessaire à l'exploitation de 300,000 m^3 de bois marchand.

En ce qui a trait aux camps forestiers, on ne peut en estimer les investissements sans connaître d'abord le nombre d'hommes qu'il faudra loger. A l'aide des données du tableau 15 relatives à la productivité, au taux d'utilisation et aux heures de travail prévues dans une année, on a évalué le nombre d'ouvriers requis pour chacun des systèmes étudiés. Quant au personnel d'encadrement (contremaîtres, mécaniciens, etc.), il fut établi par l'étude de chantiers de grosseur similaire. Le tableau 18 montre, par système d'exploitation, le personnel requis en forêt et à l'usine de façonnage.

On remarque au tableau 18 que pour un même système d'exploitation, l'ébranchage des arbres à l'usine plutôt qu'en forêt ne cause pas de diminution sensible du nombre d'emplois. La diminution du personnel de production en forêt suite à l'élimination de l'ébranchage est compensée par une augmentation du nombre de camionneurs et du nombre d'ouvriers à l'usine. Le nombre de travailleurs logeant en forêt diminue cependant de quinze.

Toutefois, si le passage d'une opération de troncs entiers à une opération d'arbres entiers est accompagné de la mécanisation des

Tableau 16

PERSONNEL REQUIS EN FORET ET A L'USINE PAR SYSTEME D'EXPLOITATION
(PRODUCTION ANNUELLE DE 300,000 m^3)

	EXPLOITATION PAR TRONCS ENTIERS			EXPLOITATION PAR ARBRES ENTIERS		
	ABATTAGE MANUEL	ABATTAGE-ASSEMBLAGE MECANISE	ABATTAGE-PORTAGE KOEHRING KFF	ABATTAGE MANUEL	ABATTAGE-ASSEMBLAGE MECANISE	ABATTAGE-PORTAGE KOEHRING KFF
PERSONNEL LOGEANT EN FORET:						
Superviseurs	10	10	10	10	10	10
Personnel production	82	52	38	66	38	24
Personnel construct. & entretien chemins	12	12	12	12	12	12
Mécaniciens	18	23	21	21	22	20
Mesureurs	6	4	4	6	4	4
Commis & infirmier	5	5	5	5	5	5
Cuisiniers	6	5	5	5	5	4
Autres	6	5	5	6	5	5
Sous-total	145	116	100	131	101	84
PERSONNEL NE LOGEANT PAS EN FORET:						
Camionneurs	26	26	26	32	32	32
Personnel de l'usine:						
- Ouvriers	12	12	12	18	18	18
- Mécaniciens	2	2	2	3	3	3
Sous-total	40	40	40	53	53	53
TOTAL	185	156	140	184	154	137

exploitations, le nombre total de travailleurs diminue considérablement passant de 185 à 154 ou 137 selon le système d'exploitation adopté. Le personnel logeant en forêt pour sa part est réduit d'au moins 44 travailleurs, soit 30%.

Les investissements dans les camps forestiers ont été évalués en se basant sur le personnel devant loger au camp, tel que montré au tableau 18. A partir d'une étude de coût, on a d'abord déterminé l'investissement requis pour le système d'abattage manuel de troncs entiers, soit celui correspondant à 145 hommes. Cet investissement se chiffre à $1,550,000. Puis, on a estimé qu'une diminution de capacité de logement de 10 hommes entraînait une réduction de $30,000 en dépenses de capital. Connaissant le nombre d'hommes des autres systèmes d'exploitation (tableau 18), on a pu ainsi établir les investissements en camps requis par ces différents systèmes.

En ce qui concerne les investissements à l'usine de façonnage, leur détail est présenté dans le rapport Hamilton produit à l'appendice 1.

e. Résumé des données économiques et interprétation

Les tableaux 19 et 20 résument les principales données économiques servant à l'étude de rentabilité de la récupération des branches et houppiers.

L'étude de rentabilité est basée sur une période d'opération de 15 ans, soit la vie prévue de l'usine de façonnage et des camps en forêt. Les équipements ayant une vie de 7 ou 8 ans seront remplacés une fois au cours de cette période et leur valeur résiduelle à la fin de la quinzième année sera de 10% de leur valeur originale. Ceux ayant une vie de 6 ans seront remplacés au cours de la sixième et de la douzième année; leur valeur à la fin de la quinzième année sera de 35% de leur valeur originale s'il s'agit de camions et de 50% s'il s'agit d'équipements d'exploitation ou de grues de chargement.

Tableau 19

EXPLOITATION PAR TRONCS ENTIERS: DONNEES DE BASE POUR L'ANALYSE DU FLUX MONETAIRE DU PROJET

	ABATTAGE MANUEL (T1)			ABATTAGE-ASSEMBLAGE MEC. (T2)			ABATTAGE-PORTAGE (KOEHR. KFF) (T3)		
	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.
	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)
EXPLOITATION FORESTIERE									
Abattage				6	1,295	741	6	2,835	1,485
Débardage:									
- à câbles	7	1,920	2,709						
- à pince				7	735	553			
- semi-porteur				6	540	320			
Ebranchage				6	1,365	753	6	1,365	753
Frais fixes (camps)	15	1,550	630	15	1,460	495	15	1,430	480
Sous-total		3,470	3,339		5,395	2,862		5,630	2,718
TRANSPORT									
Chargement	7	440	219	7	440	219	7	440	219
Camionnage	6	1,625	1,290	6	1,625	1,290	6	1,625	1,290
Sous-total		2,065	1,509		2,065	1,509		2,065	1,509
USINE DE FACONNAGE									
Approchage du bois	8	220	67.5	8	220	67.5	8	220	67.5
Opération usine	15	3,700	859.1	15	3,700	859.1	15	3,700	859.1
Sous-total		3,920	926.6		3,920	926.6		3,920	926.6
TOTAL		9,455	5,774.6		11,380	5,297.6		11,615	5,153.6

Tableau 20

EXPLOITATION PAR ARBRES ENTIERS: DONNEES DE BASE POUR L'ANALYSE DU FLUX MONETAIRE DU PROJET

	ABATTAGE MANUEL (A1)			ABATTAGE-ASSEMBLAGE MEC. (A2)			ABATTAGE-PORTAGE (KOEHR. KFF) (A3)		
	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.
EXPLOITATION FORESTIERE	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)
Abattage				6	1,295	741	6	2,835	1,485
Débardage:									
- à câbles	7	2,400	2,433						
- à pince				7	735	553			
- semi-porteur				6	540	320			
Frais fixes	15	1,520	600	15	1,430	480	15	1,400	435
Sous-total		3,920	3,033		4,000	2,094		4,235	1,920
TRANSPORT									
Chargement	6	500	255	6	500	255	6	500	255
Camionnage	6	2,000	1,719	6	2,000	1,719	6	2,000	1,719
Sous-total		2,500	1,974		2,500	1,974		2,500	1,974
USINE DE FACONNAGE									
Approchage du bois	8	250	97.5	8	250	97.5	8	250	97.5
Opération usine	15	6,200	1,379.7	15	6,200	1,379.7	15	6,200	1,379.7
Sous-total		6,450	1,477.2		6,450	1,477.2		6,450	1,477.2
TOTAL		12,870	6,484.2		12,950	5,545.2		13,185	5,371.2

Les valeurs des tableaux 19 et 20 permettent de comparer les méthodes d'exploitation entre elles. Les résultats de cette comparaison sont très intéressants. Ils indiquent que:

- la mécanisation des exploitations par troncs entiers à l'aide d'abatteuses-assembleuses donne un rendement aux prix réels et après impôt de seulement 6.5% sur les investissements additionnels requis par rapport à l'exploitation par abattage manuel (T2 versus T1);
- le même degré de mécanisation pour les arbres entiers (A2 versus A1) indique un rendement aux prix réels et après impôt supérieur à 1000% sur les investissements additionnels requis. En effet, ces investissements ne sont que de $80,000 alors que les économies annuelles d'opération se chiffrent à $939,000.

On en conclut donc que les opérations d'abattage et de débardage sont très économiques à mécaniser et que l'ébranchage constitue le principal obstacle à la mécanisation des exploitations de troncs entiers. On peut aussi affirmer que la livraison des arbres entiers à l'usine entraînera l'élimination de l'abattage manuel en forêt sauf aux endroits où l'accessibilité (pentes trop raides ou sol trop mou) empêche l'utilisation des abatteuses.

4.5 Analyse économique

Rappelons que l'analyse économique de la récupération des branches et houppiers s'effectue à l'aide de la méthode du flux monétaire actualisé dont on a fourni un exemple en début de chapitre.

4.5.1 Coût de la biomasse récupérée

Dans cette section, on présente, pour divers taux de rendement sur le capital investi, le coût de revient par tonne anhydre de la biomasse récupérée. Ce coût se calcule comme suit, soit:

- un taux de rendement sur capital de 6%
- un taux d'impôt de 45%
- des dépenses annuelles additionnelles avant impôt de $709,600 (A1 versus T1)
- un horizon économique de 15 ans
- une production de 37,200 tonnes métriques de branches et houppiers
- des investissements additionnels tels que montrés ci-après

ANNEE	INVESTISSEMENTS ADDITIONNELS* CLASSE A	CLASSE B
0	945,000	2,470,000
6	787,500	
7	36,000	
8	27,000	
12	787,500	
15	(388,250)**	(247,000)**

* Pour l'ébranchage en usine plutôt qu'en forêt

** Valeur résiduelle

a. <u>Valeur présente des dépenses annuelles additionnelles</u>

- Dépenses avant impôt: $709,600
- Dépenses après impôt: $709,600 X 0.55 = $390,280
- Valeur présente des dépenses après impôt:

$$\$390,280 \times \frac{(1.06)^{15} - 1}{.06\ (1.06)^{15}} = \$3,790,496$$

b. <u>Valeur présente des investissements après impôt</u>

- Facteur de coût en capital:

$$F, \text{ classe A} = 1 - \frac{.45 \times .30}{.06 + .30} = .625$$

$$F, \text{ classe B} = 1 - \frac{.45 \times .20}{.06 + .20} = .654$$

- Valeur présente

ANNEE	INVESTISSEMENTS APRES IMPOT CLASSE A	CLASSE B	VALEUR PRESENTE A 6% CLASSE A	CLASSE B
0	590,625	1,634,615	590,625	1,634,615
6	492,188		346,973	
7	22,500		14,964	
8	16,875		10,588	
12	492,188		244,602	
15	(242,656)	(163,462)	(101,252)	(68,207)
TOTAL			1,106,500	1,566,408

c. Valeur présente après impôt des dépenses et investissements

- Dépenses	$3,790,496
- Investissements, classe A	1,106,500
- Investissements, classe B	1,566,408
TOTAL	$6,463,404

d. Valeur annuelle équivalente de la valeur présente, 15 ans, 6%

Après impôt: $\$6,463,404 \times \frac{.06\ (1.06)^{15}}{(1.06)^{15} - 1} = \$665,490$

Avant impôt: $\$ 665,490 \div 55 = \$1,209,982$

e. Coût de revient par tonne métrique anhydre de la biomasse récupérée

$\$1,209,982 \div 37,200$ t.a. $= \$32.53$/t.a.

Ce coût de $32.53/tonne anhydre correspond au prix que doit recevoir l'exploitant pour la biomasse récupérée s'il désire obtenir sur le capital additionnel investi un taux de rendement de 6% après impôt. On présente au tableau 21, pour divers taux de rendement,

Tableau 21

COUT DE REVIENT (OU PRIX DE VENTE) DES BRANCHES ET HOUPPIERS RECUPERES EN FONCTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ET DE DIVERS TAUX DE RENDEMENT

		TAUX DE RENDEMENT EN %	EXPLOITATION ET TRANSPORT D'ARBRES ENTIERS		
			ABATTAGE MANUEL	ABATTEUSE-ASSEMBLEUSE	ABATTEUSE-PORTEUSE (KOEHRING KFF)
			($/TONNE ANHYDRE)		
EXPLOITATION ET TRANSPORT DE TRONCS ENTIERS	ABATTAGE MANUEL	4	30.80	7.52	4.84
		6	32.53	9.53	7.02
		8	34.83	11.63	9.30
		10	37.01	13.83	11.67
		12	39.29	16.12	14.12
	ABATTEUSE-ASSEMBLEUSE	4		8.91	6.23
		6		9.77	7.26
		8		10.71	8.38
		10		11.74	9.57
		12		12.84	10.84
	ABATTEUSE-PORTEUSE (KOEHRING KFF)	4			8.02
		6			8.88
		8			9.82
		10			10.84
		12			11.95

Note: Pour connaître le coût moyen de tous les résidus (écorce incluse), il faut multiplier les valeurs du tableau par 0.70.

les coûts de revient (ou prix de vente) en fonction du passage d'un mode d'exploitation à l'autre. On remarque entre autres que, si l'on passe du système de l'abattage manuel de troncs entiers à celui de l'abattage manuel d'arbres entiers, on devra vendre les résidus entre $30 et $40 la tonne anhydre pour obtenir un rendement acceptable sur l'investissement additionnel, alors que ce prix se situera entre $8 et $15 la tonne si l'on passe d'un système d'abattage manuel ou mécanisé de troncs entiers à celui d'abattage mécanisé d'arbres entiers. On peut donc en conclure que l'exploitation des arbres entiers avec récupération des branches et houppiers est financièrement intéressante dans la mesure où l'on mécanise l'abattage.

4.5.2 Valeur énergétique de la biomasse

La valeur énergétique de la biomasse dépend de sa teneur en eau au moment de la combustion et de l'efficacité des équipements de combustion. En supposant que les branches et les houppiers possèdent un taux d'humidité de 45% (base humide) au moment de leur livraison et de 35% au moment de leur combustion et qu'ils soient brûlés dans une fournaise d'une efficacité thermique de 70%, leur rendement énergétique par tonne anhydre sera, d'après divers auteurs, de l'ordre de 13 mégajoules (MJ = 1,000,000 joules).

L'huile lourde, que la biomasse pourra être appelée à remplacer, fournit un rendement énergétique de 6 mégajoules par baril lorsque les équipements de combustion assurent une efficacité de 90%. Dans l'est du Canada, cette huile se vend actuellement $25 par baril, soit l'équivalent de $4.17 par mégajoule.

Sur la base de l'équivalence énergétique avec l'huile lourde, une tonne anhydre de biomasse, brûlée à un taux d'humidité de 35% (base humide), vaut donc $54.20 (13 MJ X $4.17/MJ). Toutefois, la combustion de la biomasse exige des fournaises et un système d'alimentation

dont le prix d'achat et les frais d'opération sont plus élevés que dans le cas de l'huile lourde. Si l'on suppose que ces frais additionnels représentent environ $10 la tonne, la biomasse conserve une valeur de $44, valeur qui demeure supérieure à tous les coûts de production présentés au tableau 21.

En supposant que la biomasse récupérée à l'usine de façonnage puisse se vendre $35 la tonne anhydre (environ 80% de la valeur énergétique nette équivalente en huile lourde), le taux de rendement de l'investissement additionnel requis par le passage d'un système donné de troncs entiers à un système donné d'arbres entiers se lit comme suit:

TRONCS ENTIERS		ARBRES ENTIERS	TAUX DE RENDEMENT APRES IMPOT
Abattage manuel	vers	abattage manuel	8%
Abattage manuel	vers	abatteuse-assembleuse	27%
Abatteuse-assembleuse	vers	abatteuse-assembleuse	43%
Abatteuse-porteuse	vers	abatteuse-porteuse	44%

4.5.3 Effet de l'éloignement des exploitations

L'augmentation de la distance de transport entre la forêt et l'usine d'ébranchage accroît le coût de revient des branches et des houppiers. Les coûts présentés précédemment sont basés sur une distance de 80 kilomètres. A partir d'une analyse des coûts de transport des arbres entiers et des troncs entiers pour des distances variant entre 40 et 140 kilomètres, on a pu établir que le coût de revient à la tonne anhydre de la biomasse récupérée varie par kilomètre, en fonction du taux de rendement exigé, comme suit:

TAUX DE RENDEMENT (%)	VARIATION DU COUT DE REVIENT A LA TONNE ANHYDRE ($/km)
4	0.139
6	0.142
8	0.145
10	0.149
12	0.152

On présente au tableau 22 la variation du coût de revient de la biomasse en fonction de la distance de camionnage et du taux de rendement sur les investissements, de même que le coût de revient de la biomasse lorsque l'on passe du système de troncs entiers avec abatteuses-assembleuses à celui d'arbres entiers avec abatteuses identiques. Dans ce cas, les résidus ont un coût de revient très compétitif, soit $21.96 par tonne anhydre à une distance de transport de 140 kilomètres. A raison d'un coût additionnel de $0.152 par kilomètre (rendement de 12%), les résidus coûtent $35 la tonne sèche lorsque la distance atteint 225 kilomètres.

Il y a donc très peu d'opérations forestières sur routes privées qui soient suffisamment éloignées pour ne pas justifier la récupération des branches et des houppiers, si ce n'est dans le cas de l'abattage manuel pour les arbres et troncs entiers pour lequel la distance économique de transport ne peut dépasser 100 kilomètres.

4.5.4 Sensiblité du taux de rendement à une augmentation des investissements et des dépenses propres à l'usine de façonnage

On a vu précédemment que les données économiques propres à l'usine de façonnage étaient les plus difficiles à estimer avec exactitude. Il importe donc d'établir la sensibilité du taux de rendement à une augmentation des investissements et des dépenses de cet élément du système.

Tableau 22

COUT DE REVIENT DE LA BIOMASSE RECUPEREE, EN $ PAR TONNE ANHYDRE, EN FONCTION DE LA DISTANCE DE CAMIONNAGE ET DU TAUX DE RENDEMENT

TAUX DE RENDEMENT	DISTANCE DE CAMIONNAGE EN KILOMETRES					
	40	60	80	100	120	140
	AUGMENTATION OU (DIMINUTION) PAR RAPPORT AUX DONNEES DU TABLEAU 21					
	($/t)	($/t)	($/t)	($/t)	($/t)	($/t)
4	(5.56)	(2.78)	0	2.78	5.56	8.34
6	(5.68)	(2.84)	0	2.84	5.68	8.52
8	(5.80)	(2.90)	0	2.90	5.80	8.70
10	(5.96)	(2.98)	0	2.98	5.96	8.94
12	(6.08)	(3.04)	0	3.04	6.08	9.12
	COUT DE LA BIOMASSE PAR TONNE ANHYDRE POUR LE CAS DE L'ABATTAGE-ASSEMBLAGE MECANISE					
	($/t)	($/t)	($/t)	($/t)	($/t)	($/t)
4	3.35	6.13	8.91	11.69	14.47	17.25
6	4.09	6.93	9.77	12.61	15.45	18.29
8	4.91	7.81	10.71	13.61	16.51	19.41
10	5.78	8.76	11.74	14.72	17.70	20.68
12	6.76	9.80	12.84	15.88	18.92	21.96

Pour ce faire, on a retenu l'abattage manuel pour les troncs entiers et l'abattage-assemblage mécanisé pour les arbres entiers, soit la situation qui correspond le mieux aux exploitants sujets à déplacer l'ébranchage de la forêt à l'usine. On a donc augmenté la valeur des investissements et des dépenses propres aux usines de façonnage des troncs et des arbres entiers par tranches de 20% de leur valeur initiale jusqu'à ce qu'elle soit doublée. Puis, on a calculé, pour chaque cas, le taux de rendement après impôt des investissements en retenant une valeur de $35 par tonne anhydre pour la biomasse récupérée. On obtient les résultats suivants pour le cas de l'abattage-ébranchage manuel des troncs entiers et de l'abattage-assemblage mécanisé des arbres entiers.

% D'AUGMENTATION DES INVESTISSEMENTS ET DES FRAIS D'OPERATION EN USINE	TAUX DE RENDEMENT AUX PRIX REELS APRES IMPOT (%)
0	27
20	21
40	17
60	13
80	10
100	7.5

On voit donc que le taux de rendement demeure acceptable même si les investissements et les frais d'opération de l'usine augmentent de 80%, éventualité peu probable.

La récupération des branches et houppiers à l'aide d'un système mécanisé d'exploitation d'arbres entiers apparaît donc très intéressante pour tous les exploitants qui opèrent sur route privée et qui peuvent utiliser cette biomasse à des fins énergétiques. L'essai sur une base industrielle de ce système requiert toutefois une ingénierie plus poussée de l'usine de façonnage de même que la construction d'un prototype des équipements d'ébranchage et du système de récupération et de broyage des branches et houppiers.

CHAPITRE 5

MISE EN COPEAUX DE L'ARBRE ENTIER EN FORET ET PURIFICATION DES COPEAUX A L'USINE

Ce chapitre présente un bref aperçu des techniques de mise en copeaux des arbres en forêt et de purification des copeaux à l'usine que pourraient utiliser les industriels des pâtes et papiers pour récupérer plus de biomasse de la forêt. La première section traite des exploitations forestières et du transport, la deuxième donne un aperçu des procédés de purification en développement et la dernière présente quelques données économiques.

5.1 Exploitation forestière et transport

Les techniques d'exploitation forestière présentées aux chapitres précédents peuvent être employées intégralement puisque la mise en copeaux s'effectue en bordure de route.

Une découpeuse mobile, tel qu'illustré à la photo 12, réduit l'arbre entier en copeaux. La découpeuse est munie d'une flèche articulée ou télescopique qui prend les arbres entiers empilés en bordure de la route et les place sur le convoyeur d'alimentation. Les arbres sont maintenus contre le disque de la découpeuse par trois rouleaux motorisés dont l'un est placé au-dessus et les deux autres de chaque côté des troncs; les copeaux sont lancés directement dans des remorques.

Le transport est effectué par des remorques de dimensions réglementaires et n'est par conséquent pas restreint aux routes privées. La capacité de charge des remorques est de l'ordre de 34 tonnes de copeaux à l'état vert, mais il serait possible de concevoir des remorques de plus grandes dimensions capables de contenir des charges équivalentes à celles du transport d'arbres entiers, soit une quarantaine de tonnes.

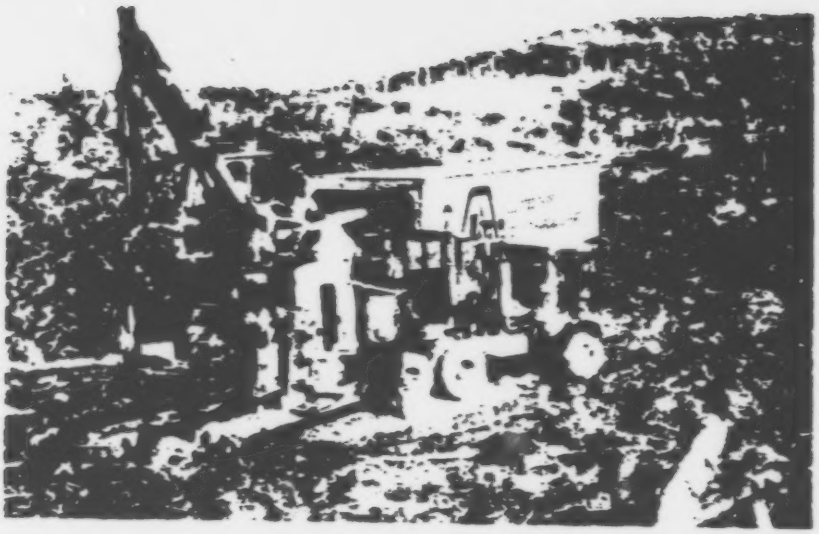


Photo 12: Vue d'ensemble d'une découpeuse mobile

5.2 Procédés de purification des copeaux

Les copeaux d'arbres entiers doivent, pour être utilisés pour la production de pâte de bois ou de papier journal, être débarrassés:

- des impuretés que constituent l'écorce, les brindilles et le feuillage des arbres;
- des copeaux de trop grosse ou de trop petite dimension.

Le procédé de fabrication de la pâte et sa qualité déterminent le degré de purification à atteindre.

Les recherches sur les techniques de purification des copeaux d'arbres entiers se poursuivent depuis plus de dix ans et deux procédés sont actuellement à l'essai.

Adolph Wawer et Mahendra N. Misra (1977) décrivent le procédé par compression expérimenté par Ste-Anne-Nackawic Pulp and Paper Co. Ltd. à Nackawic, au Nouveau-Brunswick. Il s'agit d'un procédé développé par le centre d'expérimentation forestière de Houghton du ministère de l'Agricultre des Etats-Unis.

Le procédé par compression tire son nom du fait que les copeaux impurs sont comprimés par des rouleaux pour les débarrasser de l'écorce. En effet, les copeaux passent par couches minces entre deux rouleaux d'acier dont l'écartement est inférieur à l'épaisseur de la couche de copeaux. Sous l'effet de l'écrasement, l'écorce est brisée en particules plus fines dont une partie adhère aux rouleaux et l'autre est acheminée avec la fibre pour être ultérieurement enlevée par tamisage.

C'est en 1973 que le procédé par compression fut mis à l'essai à l'usine de Nackawic mais, malheureusement, au début de 1981, ce procédé était abandonné suite à des problèmes techniques.

L'autre procédé à l'essai est celui développé par l'Institut Canadien de Recherche sur les Pâtes et Papiers. Robin Berlyn, James Hutchinson et Robert Gooding (1979) décrivent ce procédé dans un article paru dans Pulp and Paper Canada en août 1979. La technique employée tire avantage du fait que l'écorce et le feuillage sont intrinsèquement plus faibles que le bois. Elle comporte trois étapes:

- le prétraitement pour augmenter la différente entre la résistance du bois et celle de l'écorce et du feuillage; il consiste à soumettre les copeaux à la vapeur ou à les laisser à l'air libre pendant au moins six semaines pour que les microorganismes présents affaiblissent l'écorce;
- l'agitation des copeaux dans l'eau afin de détacher l'écorce et de la briser, ainsi que le feuillage, en petites particules;
- finalement, la ségrégation qui isole par lessivage les petites particules composées principalement d'écorce et de feuillage des grosses particules, des copeaux et des brindilles.

Une usine pilote a été construite à l'Institut Canadien de Recherche sur les Pâtes et Papiers et des quantités de plus en plus volumineuses de copeaux ont été traitées avec succès. Le contenu d'écorce après traitement dépend de nombreuses variables et peut atteindre à peu près n'importe quelle

norme exigée; toutefois, plus il diminue, plus le coût du traitement augmente et plus il y a perte de fibre sous forme de particules fines.

Les impuretés, à cause de leur grosseur et de leur texture, peuvent facilement être asséchées par pressage jusqu'à un taux d'humidité favorisant une combustion efficace.

Malgré tous les succès en laboratoire, le procédé de l'Institut Canadien de Recherche sur les Pâtes et Papiers n'a pas encore été essayé à l'échelle industrielle.

Morbark Industries Inc., fabricant de découpeuses portatives, a pour sa part expérimenté plusieurs techniques de tamisage pour classifier les copeaux d'arbres entiers d'après leur grosseur et leur contenu d'impuretés. Jusqu'à présent, le tamisage seul ne permet pas une ségrégation acceptable des copeaux. Le contenu d'impuretés est soit trop élevé ou, s'il est acceptable, il entraîne une trop forte perte de fibre.

5.3 Considérations économiques

Cette section présente un estimé du coût des copeaux d'arbres entiers livrés à une usine située à 80 kilomètres des chantiers de coupe ainsi que des investissements que cette technique de récolte exige. Ces valeurs sont comparées à celles d'un approvisionnement en bois rond sous forme de troncs et d'arbres entiers à égale distance de transport.

L'évaluation de la mise en copeaux d'arbres entiers tient compte des facteurs suivants:

- la découpeuse s'alimente à partir d'arbres entiers empilés le long de la route;
- elle est remorquée par un camion-tracteur qui la déplace au besoin;
- les remorques sont chargées par la découpeuse et celle-ci ne travaille pas lorsqu'il n'y a pas de camions sur place; en conséquence, le taux d'utilisation de la découpeuse est de 60%;

- Les remorques sont de dimensions légales et leur capacité de charge est de 34 tonnes de copeaux frais.

Le coût d'opération de la découpeuse et du camion qui la déplace est calculé à partir des valeurs suivantes:

- Prix d'achat de la découpeuse et du camion	$300,000
- Vie en heures productives	15,000
- Heures prévues par année	3,360
- Taux d'utilisation	60%
- Productivité en m^3/heure productive	30 (1)
- Heures de réparation par heure productive	0.4
- Coût des pièces en % du prix d'achat	100
- Consommation de carburant en litres/heure productive	45

(1) La productivité est donnée en mètres cubes de bois marchand mis en copeaux par heure productive.

Le coût d'opération de tous les autres équipements d'exploitation est identique à ce qui est indiqué au chapitre 4. Pour les camions transportant des copeaux, le prix d'achat par unité de transport est le même, soit $125,000, ainsi que les coûts d'opération, sauf pour ce qui est de la consommation de carburant qui est moindre puisque la charge est plus faible. La vitesse moyenne des camions est augmentée de 45 à 60 kilomètres à l'heure dû à la différence de charge et de dimensions.

Le tableau 23 compare les investissements et les dépenses annuelles d'opération pour la production et la livraison à 80 kilomètres de 300,000 mètres cubes de bois marchand sous forme de troncs entiers, d'arbres entiers ou de copeaux d'arbres entiers. Ces données supposent que l'approvisionnement par copeaux d'arbres entiers permet de récupérer la même quantité de biomasse que l'approvisionnement par arbres entiers.

Berlyn et al. (1979) indiquent qu'une installation de $1,000,000 pourrait traiter 220 tonnes courtes anhydres de copeaux par jour. Sur cette base,une usin

Tableau 23

COMPARAISON DES INVESTISSEMENTS ET DES DEPENSES ANNUELLES D'OPERATION POUR LA PRODUCTION ET LA LIVRAISON A 80 KILOMETRES DE 300,000 METRES CUBES DE BOIS MARCHAND SOUS FORME DE TRONCS ENTIERS, D'ARBRES ENTIERS OU DE COPEAUX D'ARBRES ENTIERS

	TRONCS ENTIERS			ARBRES ENTIERS			COPEAUX D'ARBRES ENTIERS		
	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.	VIE EQUIPEMENT	INVES-TISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPER.
	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)	(ANNEES)	(1000$)	(1000$)
EXPLOITATION FORESTIERE									
Abattage-assemblage	6	1,295	741	6	1,295	741	6	1,295	741
Débardage: pince	7	735	553	7	735	553	7	735	553
Débardage: semi-porteuse	6	540	320	6	540	320	6	540	320
Ebranchage	6	1,400	495	-	-	-	-	-	-
Sous-total		3,970	2,109		2,570	1,614		2,570	1,614
Mise en Copeaux	-	-	-	-	-	-	7	1,500	887
TRANSPORT									
Chargement	7	440	219	6	500	255	-	-	-
Camionnage	6	1,625	1,290	6	2,000	1,719	7	2,375	1,839
Sous-total		2,065	1,509		2,500	1,974		2,375	1,839
TOTAL		6,035	3,618		5,070	3,588		6,445	4,340
$/m^3 marchand			12.06			11.96			14.47

Note: Les dépenses annuelles d'opération n'incluent pas de provisions pour l'amortissement, ni de loyer (intérêts) pour l'argent investi. Les item composant les frais fixes d'exploitation ne sont pas considérés dans ce tableau.

d'un coût de $2,600,000 opérant 350 jours par année pourrait traiter le volume de copeaux correspondant à 300,000 mètres cubes de bois marchand.

A un taux d'actualisation de 10% aux prix réels, l'approvisionnement en copeaux serait avantageux par rapport aux arbres entiers pourvu que le coût d'opération de l'usine de purification soit inférieur à $3.90 par mètre cube de bois marchand ou à $6.40 par tonne métrique anhydre de copeaux traités. Berlyn et al. (1979) indiquent que le coût d'opération se situerait entre $4.10 et $8.15 par tonne métrique anhydre.

5.4 Conclusion

Il est fort probable à court terme qu'un procédé de purification des copeaux d'arbres entiers soit opérationnel et éprouvé à l'échelle industrielle. L'existence d'un tel procédé favoriserait une récolte maximale de biomasse forestière par la mise en copeaux d'arbres entiers en bordure de route. Cette voie, en autant que l'exploitation forestière et le camionnage sont concernés, est déjà techniquement au point et efficace.

La quantité de biomasse destinée à l'énergie pourrait être moindre que dans le cas des arbres entiers puisqu'une partie des houppiers et des arbres non marchands pourrait être récupérée pour la fabrication de pâte de bois si le procédé de purification est efficace. Cette possibilité est un avantage économique intéressant de l'approvisionnement par copeaux d'arbres entiers puisque la fibre de bois a une plus grande valeur comme bois à pâte que comme combustible.

Les quelques données économiques disponibles sur les procédés de purification des copeaux indiquent que cette approche, lorsqu'elle est applicable, est probablement aussi avantageuse que l'approvisionnement et le traitement d'arbres entiers pour la récupération d'un maximum de biomasse énergétique.

CHAPITRE 6

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ce chapitre résume les conclusions qui se dégagent de chaque phase de l'étude et présente les recommandations qui en découlent.

6.1 Conclusions

6.1.1 Quantité de résidus d'exploitation récupérable

La récolte des forêts à l'aide d'une abatteuse-porteuse, telle la Koehring KFF, réduit au minimum les pertes de biomasse au cours de l'exploitation forestière. Les mesures effectuées indiquent que cette méthode d'exploitation permet de récupérer environ 90% des branches et des houppiers pour l'épinette en automne et environ 70% en hiver.

L'emploi d'une abatteuse-assembleuse pour l'abattage des arbres et d'une débardeuse à pince pour leur débardage à la route cause une plus grande perte de biomasse que l'abatteuse-porteuse. Le taux de récupération des branches et des houppiers en automne est d'environ 70% pour l'épinette et 75% pour le sapin. En hiver, il est d'environ 65% pour l'épinette; il n'existe pas de mesure comparative pour le sapin.

Les diverses observations effectuées permettent d'établir que la masse des branches et des houppiers récupérée au cours de l'exploitation par arbre entier varie de 200 à 250 kilogrammes (poids vert) par mètre cube de bois marchand. La saison, l'essence et le mode d'exploitation influencent le taux de récupération. L'écorce pour sa part pèse environ 100 kilogrammes (poids vert) par mètre cube.

6.1.2 Exploitation et transport d'arbres entiers

L'élimination de l'ébranchage en forêt présente de nombreux avantages dont l'amélioration des conditions de travail de l'ouvrier

forestier. Par contre, la manutention et le transport d'arbres entiers comportent plusieurs difficultés qui se manifestent par un ralentissement du chargement et par une plus grande fréquence de bris des arbres dans la partie marchande du tronc.

La manutention des arbres à l'aide de grues équipées pour les saisir par le milieu de la tige plutôt que par le pied est susceptible d'améliorer le chargement des arbres entiers.

Le camionnage d'arbres entiers sur route privée n'occasionne pas de ralentissement de la vitesse ni de diminution de masse par charge. Par contre, le volume marchand par charge diminue proportionnellement aux branches et aux houppiers récupérés. Le camionnage sur route publique n'a pas été étudié.

L'exploitation et le transport d'arbres entiers sont réalisables pourvu que certaines précautions soient prises, en particulier:

- l'utilisation d'équipements réduisant les risques de bris des arbres et le nombre de manutentions au minimum;
- la planification des opérations de façon à ce que chaque phase facilite l'exécution de la phase suivante; par exemple, au débardage, les arbres doivent être placés aussi parallèlement que possible pour faciliter le chargement;
- le transport des arbres à l'usine aussitôt que possible après le débardage d'hiver;
- l'acheminement des arbres les plus fragiles directement à l'usine d'ébranchage plutôt que leur entreposage.

Le camionnage d'arbres entiers ne comporte pas de difficultés insurmontables et cette technique est appelée à s'améliorer à l'usage, au point de devenir aussi efficace que le transport de troncs entiers.

6.1.3 Usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage d'arbres entiers

A notre connaissance, il n'existe pas actuellement d'usine de traitement d'arbres entiers au Canada. Il se fait cependant des recherches dans ce domaine et la compagnie Forano, entre autres, a élaboré les plans d'une telle usine.

L'inexistence actuelle d'usines d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage ne semble pas due à des difficultés techniques, mais plutôt à une absence de demande. La tendance de récupérer les déchets forestiers à des fins énergétiques est sujette à créer cette demande d'ici peu.

6.1.4 Analyse économique de la récupération des résidus d'exploitation

Pour un même système d'exploitation forestière, l'ébranchage des arbres à l'usine plutôt qu'en forêt ne cause pas de diminution sensible du nombre d'emplois. La diminution du personnel de production en forêt suite à l'élimination de l'ébranchage est compensée par une augmentation du nombre de camionneurs et du nombre d'ouvriers en usine.

L'analyse comparative de l'abattage-assemblage mécanisé des arbres et de leur débardage à pince et par semi-porteur par rapport à l'abattage manuel et au débardage à câbles pour les troncs entiers et pour les arbres entiers indique que la mécanisation des opérations d'abattage et de débardage est économique et que l'ébranchage constitue le principal obstacle à une mécanisation plus poussée des exploitations de troncs entiers.

L'analyse économique indique que le prix de revient de la biomasse récupérée lorsque les arbres sont ébranchés à l'usine se situe entre $8 et $15 la tonne anhydre pourvu que l'abattage et le débardage des arbres entiers soient mécanisés. La variation du prix de revient dépend du taux de rendement exigé sur les investissements. Cette

biomasse est peu coûteuse lorsque l'on considère que son équivalent énergétique en huile lourde vaut $54.20 en se basant sur un prix de $25 le baril de pétrole lourd (bunker).

La différence entre le coût calculé à 80 kilomètres et l'équivalent énergétique de la biomasse est tellement grande que, même avec un transport de 200 kilomètres, elle demeure financièrement intéressante. La récupération des branches et des houppiers doit donc être envisagée par tous les exploitants opérant sur route privée et qui peuvent utiliser cette biomasse à des fins énergétiques.

6.1.5 Mise en copeaux de l'arbre entier en forêt et purification des copeaux à l'usine

Il est fort probable, à court terme, qu'un procédé de purification des copeaux d'arbres entiers soit opérationnel et éprouvé à l'échelle industrielle. L'existence d'un tel procédé favoriserait une récolte maximale de biomasse forestière par la mise en copeaux d'arbres entiers en bordure de route. Cette voie, en autant que l'exploitation forestière et le camionnage sont concernés, est déjà techniquement au point et efficace.

La quantité de biomasse destinée à l'énergie pourrait être moindre que dans le cas des arbres entiers puisqu'une partie des houppiers et des arbres non marchands pourrait être récupérée pour la fabrication de pâte de bois si le procédé de purification est efficace. Cette possibilité est un avantage économique intéressant de l'approvisionnement par copeaux d'arbres entiers puisque la fibre de bois a une plus grande valeur comme bois à pâte que comme combustible.

Les quelques données économiques disponibles sur les procédés de purification des copeaux indiquent que cette approche, lorsqu'elle est applicable, est probablement aussi avantageuse que l'approvisionnement et le traitement d'arbres entiers pour la récupération d'un maximum de biomasse énergétique.

6.2 Recommandations

La biomasse, constituée par les branches et les houppiers des résineux exploités commercialement, est peu coûteuse lorsque les arbres sont ébranchés et étêtés en usine. Elle constitue une source de combustible moins dispendieuse que l'huile lourde. L'absence actuelle d'équipements d'ébranchage conçus pour opérer en usine est l'élément qui risque de retarder l'adoption de méthodes d'approvisionnement par arbres entiers. Des recherches sur le développement de tels équipements sont toutefois en cours et il est recommandé que ces recherches reçoivent une attention et un support prioritaires compte tenu que le besoin d'usines d'ébranchage croîtra au fur et à mesure que la disponibilité de résidus d'usinage actuels diminuera.

Il est recommandé qu'un prototype d'unité d'ébranchage en usine soit construit dès que possible et mis à l'essai dans un programme d'expérimentation et de développement d'un mode d'approvisionnement par arbres entiers. Ce programme favoriserait:

- la familiarisation d'une partie du personnel à ce mode d'opération;
- l'appréciation par l'industriel concerné des avantages et désavantages de cette méthode d'approvisionnement;
- l'expérimentation du prototype d'ébranchage et de récupération des déchets sur une période suffisamment longue pour obtenir les données nécessaires à la construction d'un modèle plus définitif;
- l'évaluation du rendement énergétique de la biomasse récupérée;
- l'élaboration d'un échéancier des étapes à suivre pour convertir l'ensemble des opérations forestières (exploitation et transport) du système de production en usage à un système de production par arbres entiers.

Ce programme d'expérimentation et de développement devrait s'appliquer à un volume de production d'au moins 50,000 mètres cubes et devrait couvrir une année normale d'opération afin que le personnel qui y sera impliqué dépasse la phase d'initiation et développe des habitudes de travail efficaces.

Le coût de revient estimé de la biomasse récupérée et transportée sur routes privées est tellement inférieur à sa valeur énergétique équivalente en huile lourde que l'étude des moyens de transport des arbres entiers sur routes publiques est recommandée. Ceci permettrait de vérifier jusqu'à quel point les restrictions imposées au transport sur ces routes peuvent constituer un obstacle économique à la récupération des branches et des houppiers en usine tel que préconisé dans cette étude.

REMERCIEMENTS

Cette étude, qui s'est étendue sur une période de dix-huit mois, a fait appel au cours de sa réalisation à la collaboration de plusieurs personnes qui, par leur dévouement et leur soutien, en ont assuré le succès. Je désire par la présente leur témoigner ma reconnaissance et souligner leur participation aux paragraphes ci-dessous.

MM. Jean- L. Roberge, directeur des projets spéciaux, et Robert Girard, chef forestier de la société Donohue Inc. ont appuyé le projet dès le début et ont assuré l'accès aux chantiers de la Scierie Chibougamau, filiale de Donohue Inc., pour effectuer les essais d'exploitation et de transport d'arbres entiers essentiels à l'étude. Ils ont aussi apporté une critique constructive à toutes les étapes du projet.

MM. Louis-Marie Poirier et Denis Goulet, responsables des exploitations forestières à la Scierie Chibougamau, ont par leur collaboration facilité la réalisation des essais d'exploitation et de transport d'arbres entiers et permis que ceux-ci se déroulent dans les meilleures conditions possibles.

M. Armand Veillette, responsable des exploitations forestières de la division Roberval de la Consolidated-Bathurst, nous a donné accès à ses chantiers pour la cueillette de renseignements sur les abatteuses-porteuses Koehring KFF. La collaboration reçue du personnel en forêt à cet endroit mérite notre gratitude.

MM. Maurice Brisson et Pierre Vignoul de la société Forano nous ont permis d'explorer le potentiel du complexe d'ébranchage et de tronçonnage conçu par cette société et ont collaboré à l'évaluation sommaire de quelques autres modèles d'usine d'ébranchage.

M. D.D. Hamilton de Logging Development Corporation a participé à l'étude par la conception et l'évaluation détaillée d'une usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage; son rapport est d'ailleurs présenté en annexe.

M. Gilles Frisque du Centre de Recherches Forestières des Laurentides et responsable scientifique du projet auprès d'Environnement Canada, par ses conseils, a facilité la réalisation du projet en conformité avec les normes des projets ENFOR.

M. Jacques Maranda, membre de Darveau, Grenier, Lussier et Associés, a suivi le déroulement du projet avec l'auteur et guidé son orientation par ses conseils. Il fut chargé de l'évaluation des coûts d'exploitation et de transport pour tous les cas étudiés.

MM. Jacques Laliberté et Bernard Lapointe, employés de Darveau, Grenier, Lussier et Associés, ont pour leur part procédé à la collecte des données lors du déroulement des essais en forêt.

BIBLIOGRAPHIE

Berlyn R., Hutchinson J. and Gooding R., 1979. A method for upgrading chips from full trees. Pulp and Paper Canada 80 (8): 56-60.

Keen R.E., 1963. Weights and centres of gravity involved in handling pulpwood trees. Pulp and Paper Research Institute of Canada, Woodlands Research Index No. 147., Montreal, Canada, 93 p.

Kwasnitschka K., 1978. Whole-tree utilization of Norway spruce in centralized timber yards. Tiré de "Complete tree utilization of Southern pines", C.W. McMillen (éd.), Forest Product Research Society, Madison, Wisc.: 211-215.

Lavoie J.-M., 1980. Le transport d'arbres entiers de la souche jusqu'au parc à bois de l'usine. Institut Canadien de Recherches en Génie Forestier, Rapport technique No RT-44, Pointe-Claire, Canada, 36 p.

Nilsson P.O., 1978. Thinning systems used in Northern European countries. Tiré de "Complete tree utilization of Southern pines", C.W. McMillen (éd.), Forest Product Research Society, Madison, Wisc.: 162-184.

Wawer A. and Misra M.N., 1977. Compression debarking whole-tree chips. Pulp and Paper Canada 78 (11): T 264-270.

Welwood R.D., 1979. Complete tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Alan Moss & Associates Ltd., Enfor Project P-15.

Appendice 1

CONCEPTION ET EVALUATION D'UNE USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE

Rapport de l'étude réalisée par D.D. Hamilton de Logging Development Corporation pour Darveau, Grenier, Lussier et Associés dans le cadre du projet ENFOR P-54

1. INTRODUCTION

Le principal objectif de cette étude est d'estimer les coûts de construction, d'installation et d'opération d'une usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage capable de traiter annuellement environ 300,000 mètres cubes de bois marchand. Une brève évaluation des implications d'une augmentation de la capacité de production y est incorporée.

Trois modèles d'usine sont inclus dans le rapport: une usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage (plan 15949), une usine d'ébranchage et de tronçonnage (plan 15954) et une usine de tronçonnage et d'écorçage (plan 15953). Les deux dernières usines sont des assemblages d'une partie des composantes de la première. Le plan 15949 contient donc toutes les composantes des trois usines. Les numéros d'identification de la légende réfèrent aux mêmes composantes sur les trois plans.

L'estimation du coût de chaque composante de l'usine est donnée. Les coûts incluent une majoration de 20% des coûts de fabrication pour couvrir le système énergétique et les frais d'installation. De plus, 10% sont ajoutés au total à titre d'imprévus. Les totaux ainsi obtenus correspondent à une précision acceptable pour l'objectif de ce projet. Toutefois, les estimés pour des composantes individuelles, ou pour des arrangements autres que ceux présentés, ne doivent pas être calculés à partir des valeurs fournies puisque le degré de raffinement de cette étude ne permet pas une précision suffisante à ce niveau.

2. SPECIFICATIONS DE L'USINE ET DES ARBRES A TRAITER

Capacité annuelle de production 300,000 mètres cubes

Produits de l'usine:

- Grumes de sciage écorcées de 5.1 mètres de long ainsi que de toutes autres longueurs irrégulières supérieures à 2.5 mètres
- Copeaux écorcés provenant des grumes trop courtes ou trop petites (15% du volume de bois rond écorcé)
- Résidus broyés constitués par les houppiers, les branches, l'écorce, les rognures de tronçonnage et les sciures.

Caractéristiques des arbres:

- Hauteur moyenne	15.2 mètres
- Longueur moyenne du houppier (9 cm de diamètre)	5.2 "
- Longueur moyenne du tronc	10.0 "
- Variation de la longueur du tronc	3 à 18 "
- Diamètre maximum à la souche	60 cm
- Volume marchand moyen par arbre	155 dm^3

Masse des résidus:

- Poids de l'écorce (humide) par mètre cube de bois marchand	100 kg
- Poids de l'écorce, des branches, des houppiers, des rognures et des sciures par mètre cube de bois marchand	325 kg

Horaire de travail de l'usine:

- Heures par jour (2 quarts)	16
- Jours par semaine	5
- Jours par année	240
- Heures par année	3,840
- Heures productives par année (15% temps improductif)	3,264

Productivité moyenne:	88 m^3/heure productive
Variation de la productivité	±40%
Production maximum (arbres de 280 dm^3)	115 m^3/heure productive
Production maximum (arbres de 10 dm^3)	1,025 arbres/hr productive

Vitesse des écorceuses:

- 7 mois	60 mètres à la minute
- 5 mois	45 " " "
- moyenne	55 " " "
- Facteur d'utilisation	60%

Vitesse des ébrancheuses	Jusqu'à 120 m à la minute
Coût de la main-d'oeuvre incluant les bénéfices marginaux	$12 par heure productive
Coût du terrain et de l'installation des services	Non inclus
Huile hydraulique	$0.66/litre
Electricité	$0.03/kwh

3. DESCRIPTION DE L'USINE - PLAN 15949

3.1 Grue pour la manutention des arbres entiers - Type Kockums (1)*

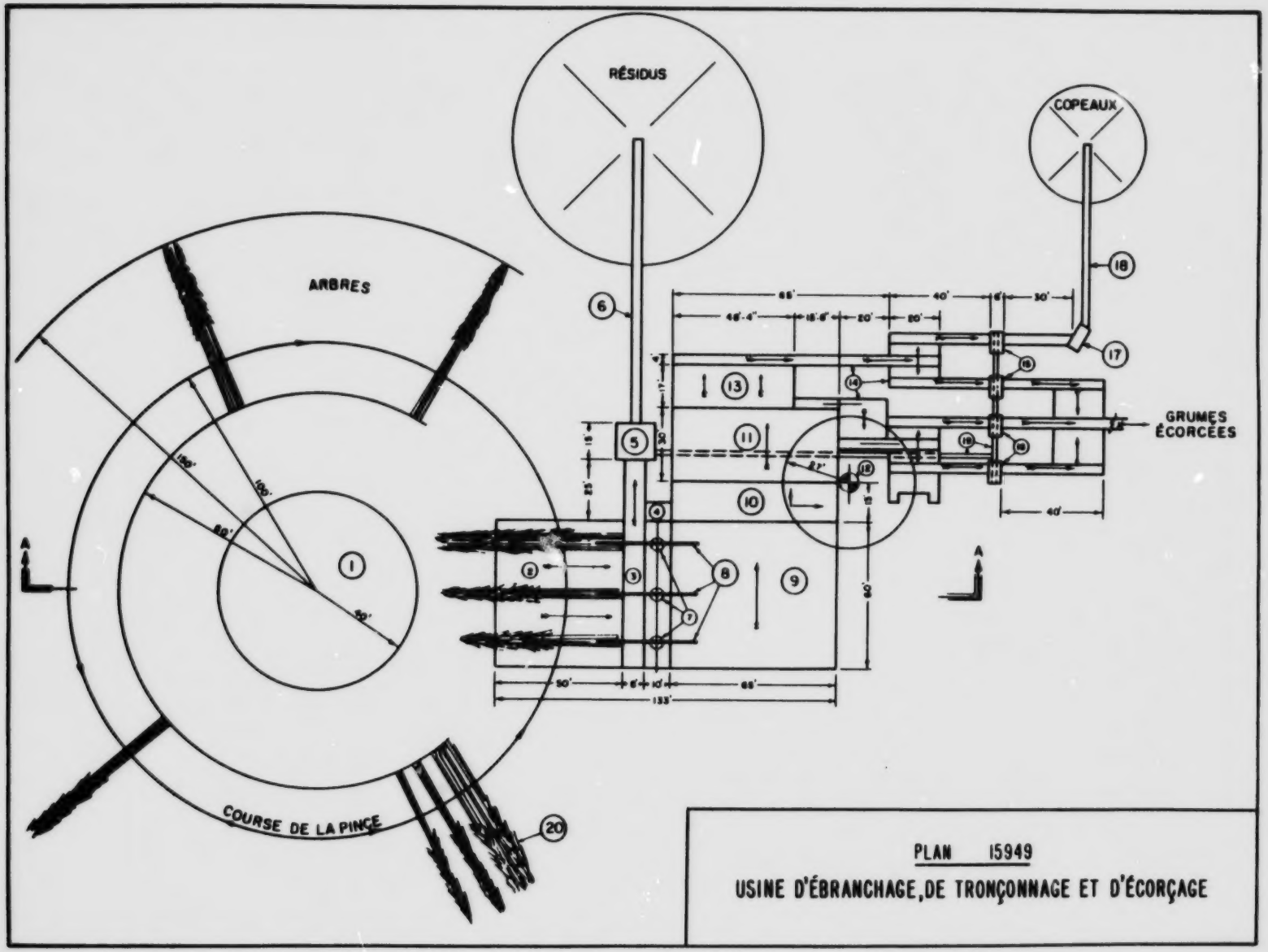
Cette grue décharge les camions à leur arrivée, alimente les ébrancheuses, entrepose et reprend les arbres au besoin. La capacité d'entreposage à portée de la grue est estimée à approximativement 10,000 mètres cubes. Un grand nombre de ces grues sont actuellement en opération. Leur emploi pour la manutention d'arbres entiers est cependant nouveau; en conséquence, des tests sont nécessaires pour confirmer leur efficacité à cette tâche.

3.2 Table d'alimentation fixe, pavée en bois (2)

Il s'agit d'une plateforme en acier recouverte d'un plancher en bois. Son élévation, ainsi que celle de toutes les autres plateformes qui suivent, est nécessaire pour l'entretien des divers mécanismes et le nettoyage des lieux. Le plancher en bois est jugé nécessaire afin de prévenir une usure excessive aux pinces des mâts d'alimentation des ébrancheuses et des panneaux d'acier de la plateforme.

---

* Les chiffres entre parenthèses réfèrent à la légende des plans.


RÉSIDUS
COPEAUX
ARBRES
GRUMES ÉCORCÉES
COURSE DE LA PINCE
PLAN 15949
USINE D'ÉBRANCHAGE, DE TRONÇONNAGE ET D'ÉCORÇAGE

LEGENDE DES PLANS 15949, 15950, 15953 ET 15954

(1) Grue de manutention stationnaire Kockums

(2) Table d'alimentation, pavée en bois

(3) Convoyeur à courroie pour les branches et les houppiers

(4) Tour de l'opérateur de la grue de manutention

(5) Mécanisme de broyage des branches et des houppiers

(6) Convoyeur à courroie pour les résidus broyés

(7) Unités d'ébranchage

(8) Mâts télescopiques pour l'alimentation des ébrancheuses

(9) Table de réception des troncs entiers et système de déplacement latéral des troncs

(10) Section d'alignement à rouleaux spiralés

(11) Table de tronçonnage

(12) Grue à mât articulé pour l'alignement des troncs qui se présentent mal

(13) Tablier incliné

(14) Convoyeurs à grumes

(15) Ecorceuses à couteaux d'une capacité de 45 cm

(16) Ecorceuses à couteaux d'une capacité de 60 cm

(17) Découpeuse

(18) Convoyeur à courroie pour les copeaux

(19) Convoyeur pour le retour des déchets (écorce, sciures et rognures) au broyeur

(20) Point d'arrivée et de déchargement des camions

(a) Pince pivotante de la grue

(b) Châssis des unités d'ébranchage monté sur rail

(c) Table d'éjection des troncs

(d) Mécanisme de retenue et d'éjection des troncs

(e) Rouleau propulseur

(f) Butoir

(h) Cabine des opérateurs d'ébrancheuse

3.3 Convoyeur à courroie pour les branches et les houppiers (3)

C'est un convoyeur conventionnel faisant appel à un système de courroies caoutchoutées. Sa fonction consiste à acheminer les branches et les houppiers aux équipements de broyage.

3.4 Tour de l'opérateur de la grue de manutention (4)

La cabine de l'opérateur de la grue de manutention est placée au haut d'une tour à environ 12 mètres du sol et à l'extérieur du rayon d'action de la grue. Cette position permet une visibilité adéquate des arbres entreposés, des camions à décharger et de la table d'alimentation.

3.5 Système de broyage des résidus (5)

Ce système combine un broyeur conventionnel et un appareil de fragmentation primaire. Le but de ce dernier est de briser les branches et les houppiers en morceaux suffisamment petits pour faciliter leur acheminement au broyeur. Un appareil appelé Récufor, actuellement à l'étude par Logging Development Corporation sous la responsabilité de l'Institut Canadien de Recherche en Génie Forestier, est prévu à cette fin (voir photo 11 à la page 56).

3.6 Convoyeur à résidus (6)

Il s'agit d'un convoyeur conventionnel à courroie. Il doit être suffisamment long pour amener les résidus au haut d'un silo ou d'une pile. La grosseur du silo ou de la pile dépendra du taux prévu de consommation des résidus.

3.7 Equipements d'ébranchage et d'étêtage (7) (8)

Chaque unité d'ébranchage est composée d'une grue d'alimentation à mât télescopique en une seule pièce et d'une ébrancheuse à couteaux fixes et rouleaux d'entraînement motorisés. Chaque unité est montée sur un chariot lui permettant de se déplacer latéralement en face de la table

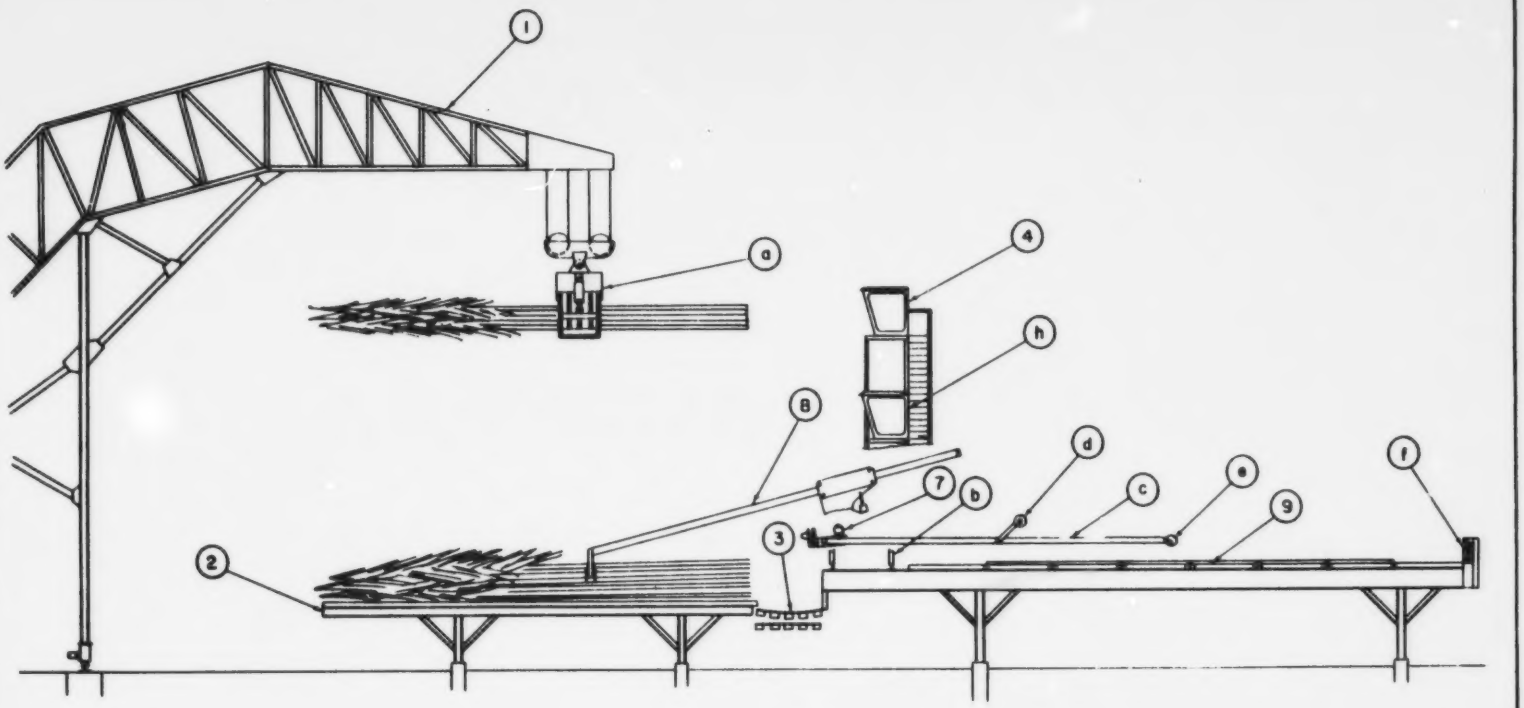
d'alimentation. Les ébrancheuses ne peuvent pivoter, assurant ainsi que tous les troncs ébranchés tomberont sur le tablier du convoyeur dans la même direction. Un mécanisme additionnel de soutien est prévu pour assurer que ceci se produise. Des mâts télescopiques sont proposés puisqu'ils permettent un cycle d'alimentation des plus rapides et des plus directs et, par conséquent, le plus de production avec le moins de fatigue de l'opérateur. Trois ensembles d'ébranchage sont requis. Chacun produira, en moyenne, 188 arbres par heure productive. Le plan 15950 montre une vue de côté d'une unité d'ébranchage; il s'agit de la coupe AA du plan 15949. Des tests effectués sur la vitesse d'alimentation de l'Arbomatik ont servi de base à la détermination du rythme de production. Le mécanisme d'alimentation de l'Arbomatik est similaire à celui qui est proposé dans cette étude.

3.8 Table de réception et système de convoyeur latéral (9)

Une série de chaînes sont utilisées sur la table de réception pour déplacer les troncs latéralement vers l'équipement de tronçonnage. Des précautions doivent être prises dans la conception de la table pour éviter la possibilité de bloquage des troncs au cours de leur éjection des ébrancheuses. Le passage des chaînes serait donc encavé dans la plateforme et des plaques posées sur le dessus des chaînes fermeraient virtuellement le canal. Au lieu d'utiliser des crampons sur les chaînes, comme dans la pratique habituelle, des barres triangulaires relieraient les chaînes adjacentes formant ainsi une série d'arêtes mobiles à la largeur du tablier. Ces deux particularités produiraient une surface de tablier suffisamment douce pour éviter tout bloquage des troncs qui y glisseront.

3.9 Section d'alignement à rouleaux spiralés (10)

La section d'alignement à rouleaux spiralés permet d'aligner le pied des troncs au cours de leur déplacement vers la table de tronçonnage.



PLAN 15950

VUE DE PROFIL D'UNE UNITÉ D'ÉBRANCHAGE

COUPE A-A DU PLAN 15949

3.10 Table de tronçonnage à trois scies (11)

Trois scies sont utilisées dans ce cas-ci à cause des spécifications relatives à la longueur des grumes. Il est évident que n'importe quel nombre de scies peut être utilisé ainsi qu'un système de tronçonnage à longueurs multiples et à scies mobiles.

3.11 Grue de démêlage à mât articulé (12)

Cette grue est un outil de dépannage. Les troncs doivent être très bien alignés avant d'atteindre la table de tronçonnage et il est de plus souhaitable qu'ils soient acheminés un par un. Aucun équipement de démêlage n'est inclus dans le plan proposé puisque l'on croit que l'effet combiné de la façon dont les arbres arrivent sur la table de réception, de la section à rouleaux spiralés et de la présence de la grue à mât articulé rend l'emploi de tels équipements non essentiel.

3.12 Tablier incliné (13)

C'est un tablier fixe qui dirige toutes les grumes autres que celles du pied vers un convoyeur.

3.13 Convoyeurs à grumes et système de transfert latéral (14)

Ce système de convoyeur place les grumes l'une à la suite de l'autre. Il est nécessaire afin de trier les grumes pour l'alimentation de quatre écorceuses à couteaux de deux grosseurs différentes. Une partie des grumes sera dirigée à une découpeuse et une autre partie sera acheminée à une usine de sciage ou mise en entreposage. Des convoyeurs latéraux, probablement à rouleaux spiralés, seront utilisés.

3.14 Ecorceuses de 45 centimètres et de 60 centimètres (15) (16)

Ces pièces d'équipement sont des écorceuses classiques à couteaux. L'expérience a prouvé qu'un total de quatre écorceuses, alimentées par un système efficace de convoyeurs, peut traiter le volume de production prévu de l'usine.

3.15 Découpeuse (17)

La découpeuse réduira en copeaux les grumes de longueur inférieure à 2.4 mètres ou trop petites. Ces copeaux sont destinés à une usine de pâte ou de papier journal.

3.16 Convoyeur à copeaux (18)

Il s'agit d'un convoyeur conventionnel à courroie. Il sera suffisamment long pour permettre d'élever les copeaux au haut d'un silo ou d'une pile.

3.17 Convoyeur à écorces (19)

Il s'agit d'un petit convoyeur conventionnel à courroie. Il ramasserait l'écorce des quatre écorceuses et la ramènerait au broyeur. Il serait placé de façon à ramasser aussi le bran de scie et les rognures du tronçonnage.

3.18 Arrivée des camions (20)

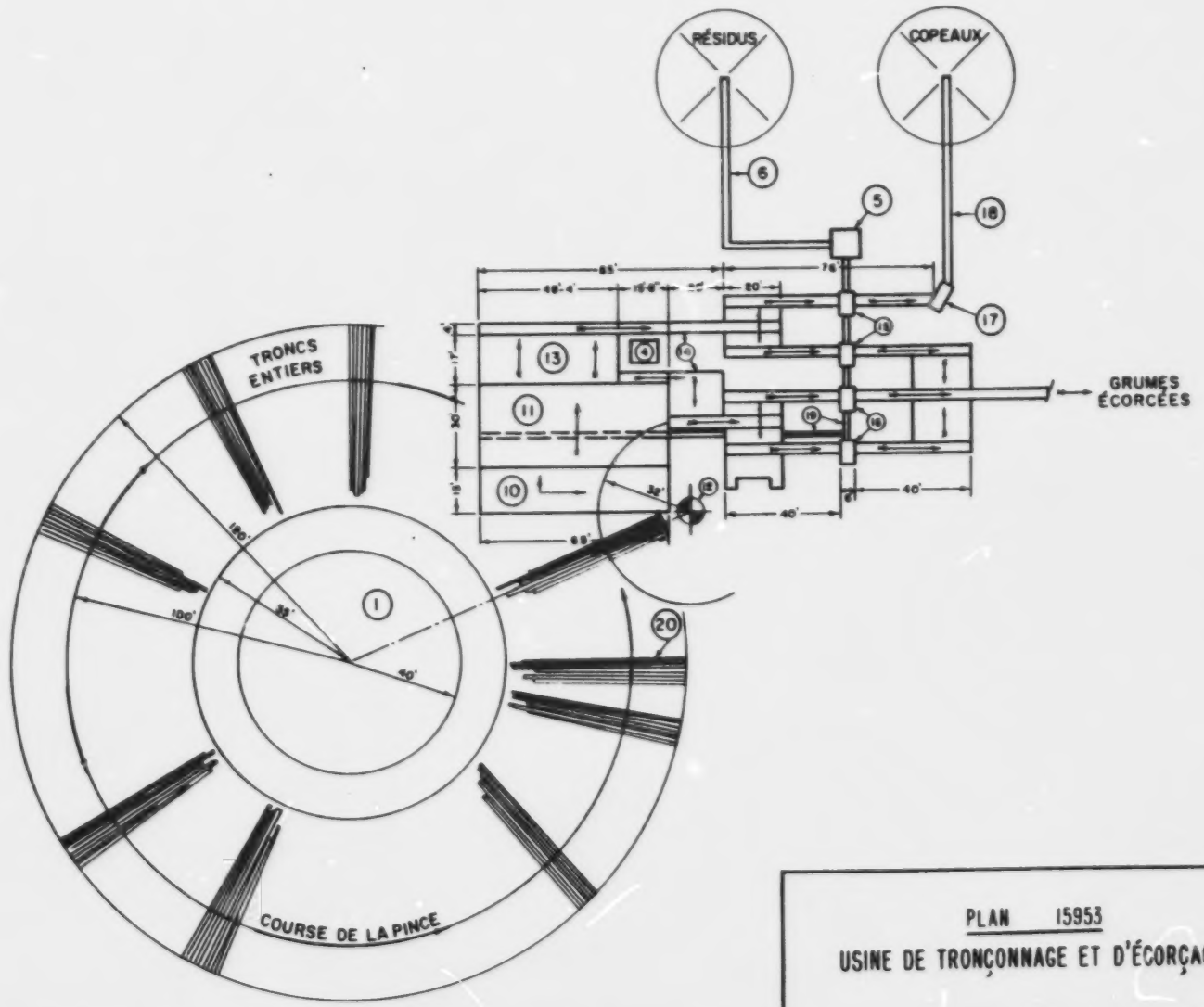
Les camions arriveraient approximativement à l'endroit indiqué aux plans. Leur charge serait transférée à la table d'alimentation ou mise en entreposage. D'autres points d'entrée dans la pile peuvent aussi être prévus pour satisfaire aux contraintes du traffic.

4. VARIATIONS DE L'USINE PROPOSEE

L'usine proposée, décrite précédemment d'après le plan 15949 de Logging Development Corporation, est capable d'alimenter une grosse usine de sciage. Il est évident qu'elle peut être remodelée par blocs pour alimenter un autre type d'usine de transformation du bois. Deux variations du plan de base (plan 15949) ont été étudiées et sont présentées ci-dessous.

4.1 Usine de tronçonnage et d'écorçage - Plan 15953

Cette usine est caractérisée surtout par les trois particularités suivantes:



PLAN 15953

USINE DE TRONÇONNAGE ET D'ÉCORÇAGE

- Elle reçoit des troncs entiers plutôt que des arbres entiers;
- La position de la grue de manutention (1) est telle, qu'elle peut déposer les troncs en position optimum pour la grue d'alimentation (12);
- La grue en (12) n'est plus uniquement un équipement de dépannage mais assure l'acheminement des troncs à la section d'alignement (10).

La tour de l'opérateur de la grue de manutention (4) et le système de broyage (5) sont déplacés. Les ébrancheuses (7), (8) et la table de réception (9) ont disparu. Les autres composantes sont identiques à celles du plan 15949.

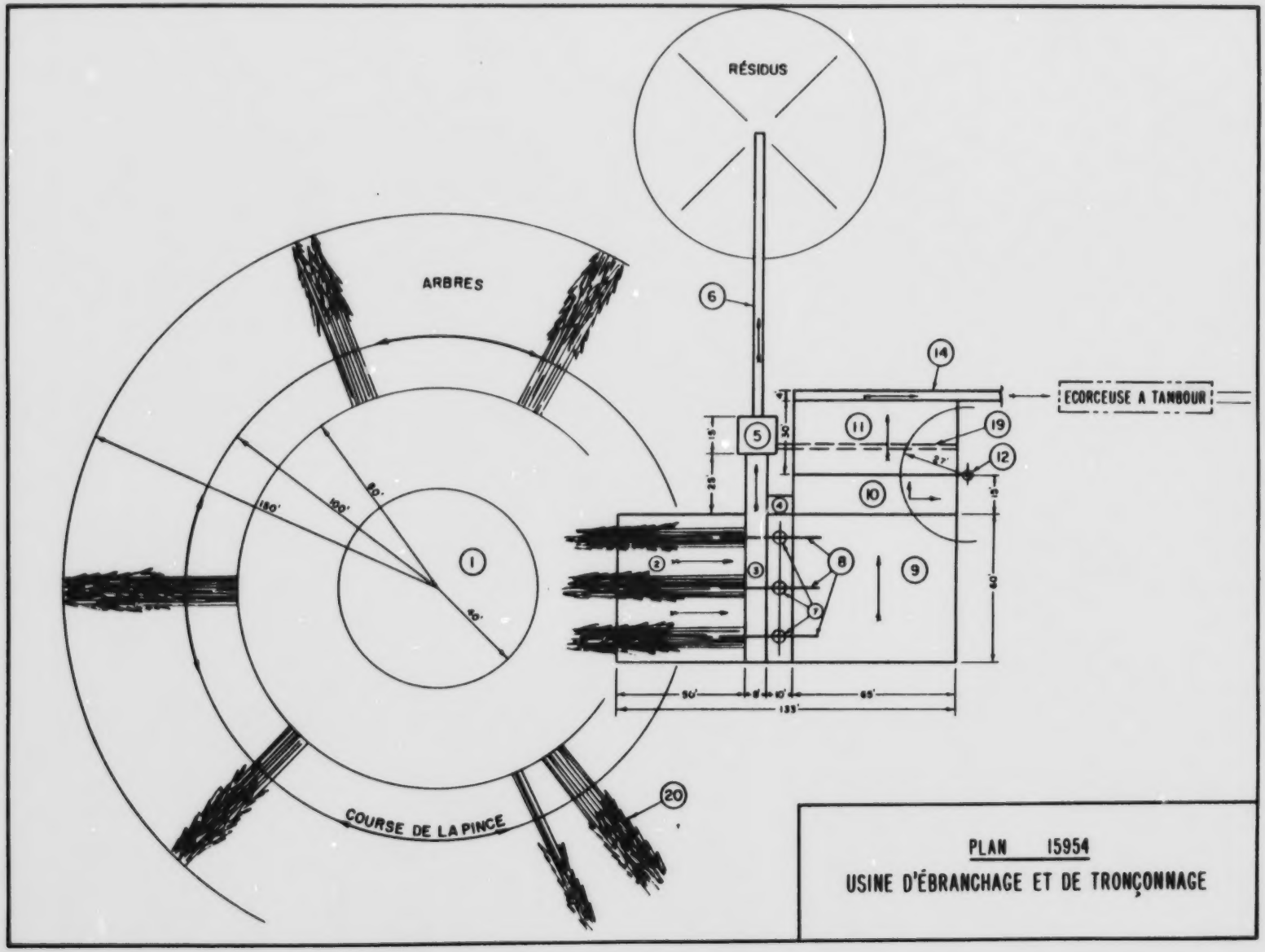
Cette variation de l'usine de base a été étudiée afin de mettre en évidence les changements requis pour le traitement d'arbres entiers plutôt que de troncs entiers.

4.2 Usine d'ébranchage et de tronçonnage - Plan 15954

Cette usine diffère de celle du plan 15949 par le fait que les grumes n'y sont pas écorcées. Toutes les composantes et leur position relative l'une par rapport à l'autre, jusqu'à et en incluant la table de tronçonnage (11), sont identiques à celles du plan 15949. Le nombre de scies de la table de tronçonnage est augmenté en fonction de la longueur des grumes désirées. La production de grumes de 2.5 mètres requiert 7 scies. Le convoyeur à grumes (14) est en une seule section et alimente une écorceuse à tambour montrée sur le plan mais non inclus dans les équipements de l'usine.

5. COUT DE CONSTRUCTION, D'INSTALLATION ET D'OPERATION DE L'USINE

Le coût de construction et d'installation de chaque modèle d'usine considéré (plans 15949, 15953 et 15954) a été évalué en majorant le coût estimé du matériel de 20% pour tenir compte des coûts du système énergétique et des frais


RÉSIDUS
ARBRES
ECORCEUSE A TAMBOUR
COURSE DE LA PINCE
PLAN 15954
USINE D'ÉBRANCHAGE ET DE TRONÇONNAGE

d'installation. Le coût total fut en plus majoré de 10% pour couvrir les frais imprévus. Le coût du terrain sur lequel serait installée l'usine n'est pas considéré dans les investissements.

Le tableau 1 résume les coûts d'installation et d'opération de chacune des trois usines et les tableaux 2, 3 et 4 indiquent le détail des coûts pour chaque cas respectif.

Tableau 1

RESUME DES COUTS DE CONSTRUCTION, D'INSTALLATION ET D'OPERATION DE CHACUN DES TROIS MODELES D'USINE ETUDIES

MODELE D'USINE	PLAN	COUT DE CONSTRUCTION ET D'INSTALLATION	DEPENSES ANNUELLES D'OPERATION
		$	$
Ebranchage-tronçonnage-écorçage	15949	6,200,000	1,379,600
Tronçonnage-écorçage	15953	3,700,000	859,100
Ebranchage-tronçonnage	15954	4,500,000	1,007,100

Les hypothèses suivantes ont servi à établir les coûts d'opération de chaque usine:

- La vie de chaque usine est estimée à 15 ans ou 49,000 heures productives;
- Les coûts de réparation et d'entretien sont exprimés en fonction des frais d'amortissement de l'usine et sont basés sur l'expérience de Logging Development Corporation;
- Les frais d'amortissement sont égaux à 90% du coût original de l'usine. Ils servent à calculer les coûts d'opération et d'entretien mais ne sont pas inclus dans les coûts d'opération;
- Le coût des assurances est égal à 2% du coût original de l'usine;
- Le coût de l'électricité est estimé à $0.03/kwh et le facteur d'utilisation retenu est de 75% de la puissance installée;
- Le coût des lubrifiants et de l'huile hydraulique a été établi d'après l'expérience de Logging Development Corporation en retenant un coût de $0.66 par litre pour l'huile hydraulique;

Tableau 2

DETAIL DES COUTS D'INVESTISSEMENT ET D'OPERATION DE L'USINE D'EBRANCHAGE, DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE - PLAN 15949

COMPOSANTE DE L'USINE	COUT DE CONSTRUCTION ET INSTALLATION	PUISSANCE INSTALLEE	COUT DE REPARATION & D'ENTRETIEN EN % DE L'AMORTISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPERATION					
				ASSURANCES	REPARATION ET ENTRETIEN	ELECTRICITE	HUILE HYDRAULIQUE & LUBRIF.	MAIN-D'OEUVRE	TOTAL
	(1000$)	(H.P.)	(%)	($)	($)	($)	($)	($)	($)
1. Grue de manutention	500	215	100	10,000	30,000	11,800	10,000	39,200	101,000
2. Table d'alimentation	240	-	25	4,800	3,600	-	-	-	8,400
3. Convoyeurs à résidus	156	25	100	3,120	9,400	1,400	2,500	-	16,420
4. Tour opérateur grue	12	-	-	240	-	-	-	-	240
5. Mécanisme de broyage	240	400	200	4,800	28,800	21,900	500	-	56,000
6. Convoyeur à résidus	79	15	100	1,580	4,700	800	2,500	-	9,580
7 et 8. Unités d'ébranchage	972	500	300	19,440	175,000	27,400	30,000	117,500	369,340
9. Table de réception	692	50	50	13,840	20,800	2,700	2,500	-	39,840
10. Section alignement	276	75	100	5,520	16,600	4,100	2,500	0	28,720
11. Table de tronçonnage	516	400	200	10,320	61,900	21,900	2,500	-	96,620
12. Grue démêlage	240	100	300	4,800	43,200	5,500	10,000	39,200	102,700
13. Tablier incliné	98	-	-	1,960	-	-	-	-	1,960
14. Convoyeurs à grumes	576	200	200	11,520	69,100	11,000	10,000	-	101,620
15. Ecorceuses de 45 cm	259	115	300	5,180	46,600	6,300	500	39,200	97,780
16. Ecorceuses de 60 cm	480	180	300	9,600	86,400	9,900	500	39,200	145,600
17. Découpeuse	72	100	200	1,440	8,600	5,500	500	-	16,040
18. Convoyeur à copeaux	36	10	100	720	2,200	500	2,500	-	5,920
19. Convoyeur à écorce	151	50	100	3,020	9,000	2,700	2,500	39,200 A)	56,420
Total	5,595	2,435		111,900	615,900	133,400	79,500	313,500	1,254,200
Total majoré de 10%	6,200			123,000	677,500	146,700	87,500	344,900	1,379,600

A) Homme à tout faire

Tableau 3

DETAIL DES COUTS D'INVESTISSEMENT ET D'OPERATION DE L'USINE
DE TRONCONNAGE ET D'ECORCAGE - PLAN 15953

COMPOSANTE DE L'USINE	COUT DE CONSTRUCTION ET INSTALLATION	PUISSANCE INSTALLEE	COUT DE REPARATION & D'ENTRETIEN EN % DE L'AMORTISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPERATION					
				ASSURANCES	REPARATION ET ENTRETIEN	ELECTRICITE	HUILE HYDRAULIQUE & LUBRIF.	MAIN-D'OEUVRE	TOTAL
	(1000$)	(H.P.)	(%)	($)	($)	($)	($)	($)	($)
1. Grue de manutention	500	215	100	10,000	30,000	11,800	10,000	39,200	101,000
4. Tour opérateur grue	12	-	-	240	-	-	-	-	240
5. Mécanisme de broyage	80	150	200	1,600	9,600	8,200	280	-	19,680
6. Convoyeur à résidus	55	15	100	1,100	3,300	800	1,500	-	6,700
10. Section alignement	276	75	100	5,520	16,600	4,100	2,500	-	28,720
11. Table de tronçonnage	516	400	200	10,320	61,900	21,900	2,500	-	96,620
12. Grue démêlage	240	100	300	4,800	43,200	5,500	10,000	39,200	102,700
13. Tablier incliné	98	-	-	1,960	-	-	-	-	1,960
14. Convoyeurs à grumes	576	200	200	11,520	69,100	11,000	10,000	-	101,620
15. Ecorceuses de 45 cm	259	115	300	5,180	46,600	6,300	500	39,200	97,780
16. Ecorceuses de 60 cm	480	180	300	9,600	86,400	9,900	500	39,200	145,600
17. Découpeuse	72	100	200	1,440	8,600	5,500	500	-	16,040
18. Convoyeur à copeaux	36	10	100	720	2,200	500	2,500	-	5,920
19. Convoyeur à écorce	151	50	100	3,020	3,000	2,700	2,500	39,200 A)	56,420
Total	3,351	1,610		67,020	386,500	88,200	43,280	196,000	781,000
Total majoré de 10%	3,700			73,700	425,200	97,000	47,600	215,600	859,100

A) Homme à tout faire

Tableau 4

DETAIL DES COUTS D'INVESTISSEMENT ET D'OPERATION DE L'USINE
D'EBRANCHAGE ET DE TRONCONNAGE - PLAN 15954

COMPOSANTE DE L'USINE	COUT DE CONSTRUCTION ET INSTALLATION	PUISSANCE INSTALLEE	COUT DE REPARATION & D'ENTRETIEN EN % DE L'AMORTISSEMENT	DEPENSES ANNUELLES D'OPERATION					
				ASSURANCES	REPARATION ET ENTRETIEN	ELECTRICITE	HUILE HYDRAULIQUE & LUBRIF.	MAIN-D'OEUVRE	TOTAL
	(1000$)	(H.P.)	(%)	($)	($)	($)	($)	($)	($)
1. Grue de manutention	500	215	100	10,000	30,000	11,800	10,000	39,200	101,000
2. Table d'alimentation	240	-	25	4,800	3,600	-	-	-	8,400
3. Convoyeur à résidus	156	25	100	3,120	9,400	1,400	2,500	-	16,420
4. Tour opérateur grue	12	-	-	240	-	-	-	-	240
5. Mécanisme de broyage	240	400	200	4,800	28,800	21,900	500	-	56,000
6. Convoyeur à résidus	79	15	100	1,580	4,700	800	2,500	-	9,580
7 et 8. Unités d'ébranchage	972	500	300	19,440	175,000	27,400	30,000	117,500	369,340
9. Table de réception	692	50	50	13,840	20,800	2,700	2,500	-	39,840
10. Section alignement	276	75	100	5,520	16,600	4,100	2,500	-	28,720
11. Table de tronçonnage	600	600	200	12,000	72,000	32,900	2,500	-	119,400
12. Grue démêlage	240	100	300	4,800	43,200	5,500	10,000	39,200	102,700
14. Convoyeurs à grumes	100	35	200	2,000	12,000	1,900	1,500	-	17,400
19. Convoyeur à rebuts	50	15	100	1,000	3,000	800	2,500	39,200 A)	46,500
Total	4,157	2,030		83,140	419,100	111,200	67,000	235,100	915,540
Total majoré de 10%	4,500			91,500	461,000	122,300	73,700	258,600	1,007,100

A) Homme à tout faire

- Le coût de la main-d'oeuvre est de $12.00 par heure productive et inclut les bénéfices marginaux;
- Le nombre d'heures productives par année est de 3,264;
- Les coûts calculés ont été majorés de 10% pour tenir compte des imprévus.

6. AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE PRODUCTION

Les conséquences qu'entraînerait une augmentation des besoins de production ont été considérées en fonction du modèle d'usine d'ébranchage, de tronçonnage et d'écorçage présenté au plan 15949.

La capacité de production de l'usine présentée au plan 15949 peut être augmentée à 400,000 mètres cubes par année par l'addition d'une unité d'ébranchage et d'une écorceuse ainsi que par l'addition des tabliers et des convoyeurs nécessaires à leur fonctionnement. Ceci entraînerait une augmentation de l'investissement et du coût d'opération de l'ordre de 17%. L'effet combiné de l'augmentation de la production d'un tiers et de l'augmentation des coûts de 17% occasionnerait une réduction de 12% des coûts unitaires de production.

Une capacité annuelle de production de 600,000 mètres cubes peut le plus facilement être atteinte par l'installation de deux usines identiques à celle du plan 15949. Une seule usine qui serait alimentée par une grue opérant sur un rayon de 45 mètres plutôt que de 30 mètres peut aussi être considérée. Une telle grue pourrait alimenter six ébrancheuses. Toutes les autres composantes de l'usine seraient doublées en grandeur ou en nombre sauf la section d'alignement (10), la table de tronçonnage (11) et la grue de démêlage (12), lesquelles ne changeraient pas. L'investissement requis pour une telle usine serait inférieur d'environ 13% à celui requis pour des usines jumelles et le coût de production à l'unité serait diminué d'environ 11%. Cette dernière usine aurait l'avantage d'être plus compacte d'où une économie potentielle sur le coût du terrain. Elle pourrait aussi avoir un plus haut taux de fiabilité à cause d'une diminution du nombre total de pièces de machinerie.

Appendice 2

DEPENSES FIXES D'OPERATION
DES SYSTEMES D'EXPLOITATION ETUDIES

Le mesurage et les frais liés au maintien d'un camp forestier sont les seuls frais fixes qui diffèrent d'un système d'exploitation à l'autre. Ils sont donc les seuls postes dont le coût est évalué. En effet, l'expérience a démontré que le degré de mécanisation des exploitations forestières affecte très peu ou pas du tout le coût des fonctions suivantes:

- la supervision;
- la tenue des livres;
- les communications et la prévention des accidents;
- le transport du personnel, des équipements, du matériel et des provisions;
- la construction et l'entretien des chemins.

En conséquence, la connaissance de leur coût d'exécution n'apporte absolument rien à la comparaison des avantages économiques de plusieurs systèmes d'exploitation forestière.

On présente aux paragraphes suivants une estimation des dépenses de mesurage et des dépenses liées au maintien d'un camp forestier, soit le logement du personnel, l'entretien des camps, le chauffage et l'électricité. Ces estimations sont calculées à partir de nombreux renseignements dont:

- le nombre de personnes affectées à ces tâches;
- le nombre de personnes loyeant au camp;
- le coût de la nourriture;
- la consommation de carburant pour le chauffage et l'électricité.

La valeur de ces éléments a été comparée à celles de plusieurs exploitants forestiers par mesure de vérification et sont conformes à des évaluations antérieures réalisées dans le cadre de nombreuses études d'exploitation.

1. LE MESURAGE

La mécanisation des exploitations forestières est généralement accompagnée de la rémunération des travailleurs à l'heure plutôt qu'à forfait. Ce changement permet d'adopter des techniques de mesurage moins coûteuses

puisqu'il n'est plus nécessaire de connaître la production de chaque ouvrier de façon aussi précise. A un degré de mécanisation égal, le coût du mesurage est le même pour les troncs entiers et pour les arbres entiers

Six mesureurs sont requis et le coût du mesurage est estimé à $0.48 par mètre cube lorsque l'exploitation est faite par abattage manuel. Quatre mesureurs suffisent dans le cas de l'abattage mécanisé et le coût est estimé à $0.36 par mètre cube.

2. LOGEMENT DU PERSONNEL AU CAMP FORESTIER

Le nombre de travailleurs logeant en forêt est établi à partir de l'évaluation du nombre d'hommes affectés à chacune des tâches regroupées sous les dépenses fixes d'opération et à partir du nombre d'hommes affectés à la production.

On suppose que les camionneurs ne logent pas en forêt mais y prennent leur repas du midi et que tous les mécaniciens logent en forêt, même ceux affectés à l'entretien des camions. Le nombre de mécaniciens est calculé d'après le temps total-mécanicien déterminé lors de l'évaluation des dépenses variables d'exploitation en prenant pour acquis que chaque mécanicien travaille 1800 heures par année et consacre 85% de son temps (1530 heures) à la réparation de machines.

Le tableau 1 détaille le personnel logeant en forêt pour chaque système d'exploitation étudié. Le salaire des cuisiniers et le coût net de la nourriture par repas, estimé à $2.45, ont servi à établir le coût du logement du personnel tel que rapporté ci-dessous.

	ABATTAGE MANUEL ($/m3)	ABATTAGE MECANISE ($/m3)	ABATTAGE-PORTAGE ($/m3)
Exploitations par troncs entiers	1.01	0.84	0.77
Exploitations par arbres entiers	0.91	0.79	0.65

Tableau 1

PERSONNEL LOGEANT EN FORET POUR CHAQUE SYSTEME D'EXPLOITATION

(PRODUCTION ANNUELLE DE 300,000 m^3)

	EXPLOITATION PAR TRONCS ENTIERS			EXPLOITATION PAR ARBRES ENTIERS		
	ABATTAGE MANUEL	ABATTAGE-ASSEMBLAGE MECANISE	ABATTAGE-PORTAGE KOEHRING KFF	ABATTAGE MANUEL	ABATTAGE-ASSEMBLAGE MECANISE	ABATTAGE-PORTAGE KOEHRING KFF
Superviseurs	10	10	10	10	10	10
Personnel production	82	52	38	66	38	24
Personnel construct. & entretien chemins	12	12	12	12	12	12
Mécaniciens	18	23	21	21	22	20
Mesureurs	6	4	4	6	4	4
Commis & infirmier	5	5	5	5	5	5
Cuisiniers	6	5	5	5	5	4
Autres	6	5	5	6	5	5
TOTAL	145	116	100	131	101	84

3. ENTRETIEN DES CAMPS

Les frais d'entretien des camps diminuent avec la grosseur du camp mais non proportionnellement au nombre de travailleurs. Deux niveaux sont retenus, soit l'un correspondant à l'abattage manuel et l'autre à l'abattage mécanisé. Aucune distinction n'est faite entre les exploitations par troncs entiers et celles par arbres entiers.

Trois employés sont affectés à l'entretien des camps dans le cas de l'abattage manuel et deux dans le cas de l'abattage mécanisé. Le coût est estimé à $0.28 et $0.20 le mètre cube respectivement.

4. CHAUFFAGE DES CAMPS ET PRODUCTION D'ELECTRICITE

Le chauffage des camps est assuré par un système à air-chaud alimenté par des brûleurs à l'huile. L'électricité est fournie par des génératrices actionnées par des moteurs diesels. L'investissement pour ces équipements est inclus dans le coût des camps.

Pour les besoins de cette étude, on retient deux niveaux de consommation correspondant au fait que l'abattage est manuel ou mécanisé. Le coût du chauffage des camps et de la production d'électricité est évalué à $0.32 par mètre cube pour l'abattage manuel et à $0.25 par mètre cube pour l'abattage mécanisé.

ENFOR PROJECT P-191

Harvesting Forest Biomass as an Alternative Fuel

by

Bowater Newfoundland Limited

Canada

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
	LIST OF TABLES	iv
	LIST OF FIGURES	vi
	SUMMARY	1
1.0	INTRODUCTION	5
2.0	PROJECT OBJECTIVE & SCOPE	7
3.0	APPROACH & METHODOLOGY	8
	3.1 - PHASE I - SYSTEM I	8
	3.2 - PHASE II - SYSTEM II	9
4.0	POTENTIAL FOR BIOMASS UTILIZATION	10
5.0	ENERGY IMBALANCE - WOODS VS. MILL	12
6.0	THE HARVESTING AREA	13
	6.1 - SITE DESCRIPTION	13
	6.1.1 - Blue Hill Brook	13
	6.1.2 - Tower Line	16
	6.1.3 - Glide Lake	21
	6.2 - SURVEY METHOD	21
	6.3 - ENVIRONMENTAL IMPACT	21
	6.3.1 - Blue Hill Brook	24
	6.3.2 - Tower Line	25
	6.3.3 - Glide Lake	28
	6.4 - REGENERATION & SILVICULTURE	28
	6.4.1 - Blue Hill Brook	28
	6.4.2 - Tower Line	28
	6.4.3 - Glide Lake	30
7.0	DESCRIPTION OF PROJECT EQUIPMENT	34
	7.1 - PHASE I - SYSTEM I	34
	7.1.1 - Harvesting	34
	7.1.2 - Chipping	34
	7.1.3 - Transportation	35

7.2 - PHASE II - SYSTEM II 36

7.2.1 - Harvesting 36
7.2.2 - Processing 37
7.2.3 - Chipping 39

8.0 THE HARVESTING & CHIPPING OPERATIONS 40

8.1 - PHASE I - SYSTEM I 40

8.1.1 - Harvesting 40
8.1.2 - Chipping 42
8.1.3 - Manpower 45

8.2 - PHASE II - SYSTEM II 46

8.2.1 - Harvesting 46
8.2.2 - Processing 49
8.2.3 - Chipping 50

9.0 TRANSPORTATION & DISTRIBUTION SYSTEM 72

9.1 - PHASE I - SYSTEM I 72

9.2 - PHASE II - SYSTEM II 73

9.3 - GENERAL 73

10.0 RESULTS OF TRIAL 75

10.1 - PRODUCTION - PHASE I - SYSTEM I 79

10.1.1 - Production - Site 1 79
10.1.2 - Production - Site 2 81
10.1.3 - Production - Site 3 82
10.1.4 - Production - Site 4 84

10.2 - PRODUCTION - PHASE II - SYSTEM II 85

10.2.1 - Production - Site 5 85

10.3 - COST OF BIOMASS - PHASE I - SYSTEM I 90

10.3.1 - Cost of Biomass - Site 1 90
10.3.2 - Cost of Biomass - Site 2 93
10.3.3 - Cost of Biomass - Site 3 94
10.3.4 - Cost of Biomass - Site 4 94
10.3.5 - Cost of Biomass - Site 5 94

10.4 - ANALYSIS OF COST & PROJECTED COST 101

10.5 - BIOMASS CONVERSION 108

10.5.1 - Combustion 108
10.5.2 - Steam Generation and Oil Equivalent 109

11.0 WINTER VS. SUMMER OPERATIONS 114

12.0 CONCLUSIONS 116

APPENDIX 1 117
APPENDIX 2 122

LIST OF TABLES

		PAGE
TABLE 1.	Stand Table Serpentine Biomass Trial	17
TABLE 2.	Post-Treatment Stand Table - Blue Hill	18
TABLE 3.	Pre-Treatment Stand Table - Tower Line	19
TABLE 3A.	Post-Treatment Stand Table - Tower Line	20
TABLE 4.	Pre-Harvest Stand Table - Glide Lake	22
TABLE 4A.	Post-Harvest Stand Table - Glide Lake	23
TABLE 5.	Pre-Treatment Ground Disturbance - Blue Hill	25
TABLE 5A.	Post-Treatment Ground Disturbance - Blue Hill	26
TABLE 6.	Post-Treatment Ground Disturbance - Tower Line	27
TABLE 7.	Regeneration After Harvesting - Blue Hill Brook	29
TABLE 8.	Production Summary - July 5-Nov. 5, 1981	44
TABLE 9.	System Analysis - Phase II - System II	51
TABLE 10.	Weekly Production Summary, Aug. 23-29, 1981	76
TABLE 11.	Monthly Production Summary Sept. 27-Oct. 31, 1981	77
TABLE 12.	Weekly Chipper Productivity, Aug. 23-29, 1981	78
TABLE 13.	Production - Site 1	79
TABLE 13A.	Production Summary - Site 1	80
TABLE 14.	Production - Site 2	81
TABLE 15.	Production - Site 3	83
TABLE 15A.	Production - Site 4	85
TABLE 16.	Production - Site 5	83
TABLE 17.	Production - Site 5	89
TABLE 18.	Example of Woods Department Accounting Statement	91
TABLE 19.	Actual & Projected Costs Per Ton	92
TABLE 20.	Summary of Operating Costs	96
TABLE 21.	Breakdown of Skidding Costs	97
TABLE 22.	Breakdown of Chipping Costs	98
TABLE 23.	Breakdown of Transportation Costs	99
TABLE 24.	Breakdown of Overhead Costs	100
TABLE 25.	Projected Costs - System I	104

LIST OF TABLES - CONCLUDED

TABLE 26. Projected Costs - System II 105

TABLE 27. Equipment Purchase Price and Assumptions for Depreciation and Maintenance 107

TABLE 28. Summary of Chip Burning Test 108

TABLE 29. Comparison of Newsprint Production and Energy Requirements for Jan.-June and July-Dec. 1981 110

TABLES 30 & 31. Barrels of Oil per Ton of Newsprint 1980 and 1981 111

TABLE 32. Value of Biomass 112

TABLE 33. Barrels of Oil per Ton of Paper 1970-1983 122

LIST OF FIGURES

		PAGE
FIGURE 1.	Map of Newfoundland showing trial location	14
FIGURE 2.	Map of trial locations	15
FIGURE 3.	Map of Blue Hill Brook Area	31
FIGURE 4.	Map of Tower Line Area	32
FIGURE 5.	Map of Glide Lake Area	33
FIGURE 6.	Biomass Harvesting System - Phase I	41
FIGURE 7.	Sketch of Operation - Phase II	47

FOREST BIOMASS AS AN ALTERNATIVE FUEL AT BOWATER NEWFOUNDLAND LIMITED - Project No. 10SC KL001-1-002

SUMMARY

Bowater Newfoundland Limited has conducted trials over a two year period, to assess the potential of utilizing forest biomass as an alternative fuel. The work was performed by Bowater but subsidized under the ENFOR program.

Two harvesting systems were studied as well as a variety of sites. Fuelwood was produced and burnt under summer, fall and winter conditions. Production and cost data are reported and oil equivalent values for forest biomass determined. These data are for specific conditions and need to be interpreted in this context.

Based on the information from forest biomass harvesting and burning experience, the following assessment can be made:

1. The trials confirm that harvesting and burning of hardwood chips is economic under conditions existing at Bowater Newfoundland Limited. These conditions are specified in the report and result in a green ton of chips being equivalent to 1.75 barrels of oil.

2. Harvesting and burning of hardwood chips is economically marginal or not viable at today's oil prices on a "stand alone" basis where a green ton of chips is equivalent to 1.0 to 1.2 barrels of oil.

3. The cost of oil has not escalated as forecasted prior to the trials. Labour and other costs have increased at a greater rate than oil prices during the period of the trials. Therefore, the economics are less favourable than predicted in 1981.

4. Of the two systems studied, System I proved to be superior. This system is capable of expansion and mainly delivers hardwood chips. The system is built around a reliable, high capacity chipper and one or more of these systems could provide significant quantities of alternative fuels for paper mills or other facilities.

5. System I has equipment which has performed well in North America for many years and all equipment except the chipper can be utilized for roundwood pulpwood harvesting.

6. System II was an attempt to integrate pulpwood and fuelwood production and to recover additional biomass in the form of softwood limbs and tops.. This system could not produce biomass from limbs and tops at a production rate

to make the system economic. Production rates three to four times the rate achieved are necessary to compete with other forms of biomass. Although there is great potential in recovering limbs and tops for fuel, there are some major obstacles to overcome before production rates can be increased to make the fuel competitive with oil. The report discusses some of the areas for improvement.

7. Steam production burning bark only (12.9 wet tons/hour at 61% moisture) is in the range of 45,000 to 50,000 lbs/hour. Addition of 3.24 green tons/hour of hardwood chips (43% moisture) to the quantity of bark above increases steam production to 81,157 lbs./hour. By crediting the chips with the increased steam generation of the total mixture, the fuel equivalent value of the chips is increased. Under these conditions, a green ton of chips is equivalent to 1.75 barrels of oil. Mixing hardwood chips with bark increases boiler efficiency from the level of 40-45% (bark only) to 60-65% (bark and chips).

3. Although a green ton of biomass equates to 1.75 bbl/ton under conditions existing at Bowater Newfoundland Limited, this value cannot be projected for other sites where conditons are different.

   On a 'stand alone' basis (firing chips only), a green ton of hardwood chips is equivalent to 1.0 to 1.2 barrels of Bunker "C" oil (No. 6). The extra oil equivalent value at the Bowater Newfoundland site is due to improved boiler efficiency for the <u>total</u> bark-chip moisture versus the lower efficiency when burning wet bark only.

9. At 1.1 bbl/oil per green ton equivalent, hardwood chips cannot compete with oil at present prices. Even at the highest production rates, chips are at best marginal in cost with other fuels.

10. Although high production rates are possible with System I, these rates were governed by the capacity of existing boilers to burn solid fuel without serious pollution problems. Enough information was obtained to support production rates well in excess of trial production rates.

11. The chipper used for System I has very high production potential. Even when five skidders were used at Site 4, the chipper had a utilization factor of only 60%. Increased production can further reduce costs and impact favourably on the quantities of forest biomass that can be used as an alternative fuel.

12. To take advantage of increased production rates and use larger trucks to further reduce transportation costs would require major capital expenditures at the Bowater Mill. New boilers capable of burning more solid fuel, storage and a truck dumping facility are also required. At existing oil prices, these expenditures cannot be justified. More information is also needed as to the sources of economic forest biomass within trucking distance of the Mill. Present plans call for continuing harvesting of forest fuel to the capability of existing boilers and to operate the small self-dumping trucks for chip transportation.

13. The value of a green ton of chips at various oil prices and bbl/ton equivalents is as follows:

Cost of Oil/bbl	Value of a Green Ton	
	@ 1.75 bbl/ton	@ 1.1 bbl/ton
25.00	$43.75	$27.50
30.00	52.50	33.00
35.00	61.25	38.50

The current (May/83) cost of Bunker "C" oil is about $30.00 per barrel.

14. Actual cost for System I at the various sites varied between $40.00 to $50.00 per green ton. These costs include high rental costs and other factors which tend to increase costs for the trial periods.

On the basis of an ongoing operation, costs for a five skidder system is projected to be in the $30.00 to $35.00 per ton range. A detailed breakdown of these costs is recorded in Section 10.4.

15. The use of chips mixed with bark has improved the general operation of boilers 1 and 2. An improved feeding system for existing boilers would permit more chips to be burnt and increase steam generation from this source.

16. The only negative aspect of the trials was an increase in air pollution due to emission of particulates. By limiting the quantity of chips burnt, a measure of control is exercised. The Provincial Environment Department are monitoring the situation and permits to continue burning will be required.

17. Indications at this stage are that forest biomass may be harvested without detrimental impacts on future crop distribution and development.

18. The full forest management benefits of forest biomass harvesting have yet to be fully assessed. Among the positive aspects are (i) cleaner cutovers when planting is required; (ii) removal of hardwood sites for re-planting of softwood species; (iii) clearing of sub-standard sites for subsequent drainage and planting of more tolerant species; or (iv) other silviculture improvement. Under normal circumstances the cost of preparing these sites for carrying out such improvements would be prohibitive. However, when credited with the value of fuelwood recovered, the procedures can be practical.

19. Harvesting of forest biomass must be a year round activity to justify operating the high cost of the required equipment. Winter fuelwood harvesting cannot take place on cutover sites left after pulpwood harvesting. Winter operations must be limited to pure hardwood sites or on substandard softwood sites which need to be cleared for forest management upgrading such as draining, fertilization and replanting.

20. In two years of trials, Bowater Newfoundland has developed confidence in a system for delivery of hardwood chips with the potential of supplying in excess of 200 green tons/day. One or more of these systems could supply a significant proportion of the steam energy needs of a paper mill or other facility. However at present oil prices, the economics of burning hardwood chips is marginal except under particular circumstances. Each mill needs to assess its particular potential for harvesting forest biomass as an alternative fuel.

1.0 INTRODUCTION

This is the final report on the harvesting of forest biomass as an alternative fuel. The work is being done by Bowater Newfoundland under a contract for Supply and Services Canada and is partially funded by ENFOR.

The project has run for almost two years and covers harvesting of biomass under summer, fall and winter conditions. Two systems for biomass harvesting were evaluated. Biomass from three different sources was assessed. These three sources were as follows: (1) residuals left on site after pulpwood harvesting - mainly hardwoods, (2) pure hardwood stands, and (3) limbs and tops from pulpwood harvesting - mainly softwoods.

During the period of these trials from July 1981 to February 1983, a total of 22,424 green tons of forest biomass was harvested and burnt for fuel. This fuel replaced Bunker C (No. 6) oil which is used to produce steam for the paper making process at the Bowater Newfoundland mill at Corner Brook.

Since the rapid increases in oil costs which were precipitated by OPEC in the nineteen seventies, there is increased interest by Governments and Industry in alternative energy sources. The forestry industry has the potential to supply a greater share of its energy needs from forest biomass. Because it is already involved in the harvesting and transportation of large volumes of wood and since it is located relatively close to the forest, the Pulp and Paper Companies should be in the best position to take advantage of the energy source represented by forest biomass. Much of the wood that could be used for energy is now left in the forest as a residue after pulpwood is harvested. However, to take advantage of this energy source, a combination of economic, technical and geographical factors must be favourable.

In recognition of the long term trends for oil with respect to price and supply, Bowater Newfoundland made a decision to carry out forest biomass harvesting and burning trials, assisted by the ENFOR program.

There are relatively few pure hardwood stands in Western Newfoundland. Therefore, the trials are focused on recovery of hardwood and softwood left on site after pulpwood harvesting and on an integrated

pulpwood and fuelwood harvesting operation. These two systems are the basis of the present forest biomass program, although we now believe that selected pure hardwood stands are necessary to successfully carry out a winter program.

Bowater Newfoundland has, for many years, produced part of its steam energy requirements using forest biomass as a fuel. This is in the form of bark, recovered at the mill site and burnt in two biolers capable of utilizing solid fuel. The bark is mixed with Bunker C oil in these boilers. The first objective in the program is to replace this oil with an alternative energy source such as fuelwood.

The amount of bark as a percentage of steam energy has varied from a low of 3% in 1973 to a high of 12.0% in 1980. The total steam generated from bark and hardwood chips in 1981 represented 14.7% of steam requirements and 13.3% in 1982.

The intent of the trials is to determine whether it is possible to economically increase the amount of steam energy from forest biomass. There are many advantages in using locally produced fuels to replace imported oil if this can be done at a competitive cost. At present, forest biomass is at a disadvantage as it is competing against subsidized fuel. If a similar subsidy were available for forest biomass, the economics would be improved. Forest biomass harvesting is relatively labour intensive and can provide jobs for many Canadians.

There are also some advantages and disadvantages with respect to the environment. Forest biomass is a more environmentally acceptable fuel with respect to acid rain than is high sulphur oil. However, there are disadvantages in that particulates are higher when burning wood. The cost of installing equipment to meet the present air pollution standards is prohibitive on existing boilers at Bowater Newfoundland. Some of the above factors complicate and make difficult a clear cut answer when considering forest biomass as an alternative fuel. The trials provided a basis for a more rational assessment of this potentially valuable energy source. Although all issues have not been resolved we have a better perspective of what can be done and the cost of these fuels.

2.0 PROJECT OBJECTIVE & SCOPE

The project was designed with the following objectives in mind.

(1) To test and develop practical harvesting systems for the extraction and transportation of (i) hardwood residuals from previously logged cut-overs, and (ii) fuel wood and pulpwood in an integrated full tree harvesting operation in mixed softwood-hardwood stands.

(2) To assess the technical and economic feasibility of using forest biomass as an alternative fuel at the Bowater Newsprint Mill at Corner Brook, Nfld.

(3) To assess the impact of complete tree removal, with emphasis on disturbance to the site, and the silviculture implications regarding the future crop.

(4) To produce fuel wood in sufficient quantities to assess the handling, storage and combustion characteristics of this fuel.

3.0 APPROACH & METHODOLOGY

To meet these objectives, it was necessary to divide the trials into two separate harvesting operations, each system having its own equipment and support systems.

While in principle the trials appear similar to work already carried out in central Newfoundland by Price Nfld. (ENFOR Project P-143), various terrain elements and stand conditions made it significantly different. Much of the terrain in the western region is steep and extremely rugged. Moreover, the terrain is such that landing space is restricted and roads for the most part are steep. Because of this, shorter, lower capacity chip vans are used.

Many forest stands in western Newfoundland contain very large diameter trees having bulky crowns - sharply contrasting with the small diameter, compactly crowned trees of the central region. Such large trees are difficult and hazardous to handle. The heavy skidders used in Phase I and the fully mechanized system of Phase II were proposed to facilitate and expedite felling and handling in the western stands.

As was anticipated, the use of heavier equipment and the fully mechanized system increased costs over those for central Newfoundland. The trials have determined the magnitude of the increased costs. The spin off silviculture benefits of clearing ground for site preparation prior to planting/seeding is also evaluated.

Because of the cited differences in stand and operating conditions between western and central areas, it was necessary to conduct these trials using the techniques of two separate systems. The systems are as follows:

3.1 - *Phase 1 - System I*

Phase 1 harvested and chipped residuals left in areas previously logged for pulpwood. The principal source of residuals is the standing and downed hardwoods, with softwood tops, blowdowns, and small diameter trees contributing a lesser amount. Since harvesting of these residuals must take place before regeneration has progressed, it is preferable to move into these areas as soon as possible (one to three years) after pulpwood has been harvested. This has the added benefit of utilizing existing roads, skidder trails and landings.

The Phase I system consisted of three skidders delivering logs to the chipper landing. The logs were chipped in a -22" Morbark chipper and blown directly into containers mounted on pallet type trucks. The trucks delivered the chips directly to the Mill and were self dumping. The chips entered the Mill through an existing bark feeding system and were mixed with bark and blown to the boiler house storage bins. The mixture was then burnt in two boilers equipped to handle solid fuels.

3.2 - *Phase II - System II*

The Phase II system was an entirely separate operation for harvesting and chipping forest biomass. This system was an integrated full tree operation in mixed softwood-hardwood stands and produced both pulpwood and fuelwood. A Koehring feller forwarder cut and transported trees to roadside. At roadside the softwood trees went to a Hahn processor. The Hahn separates limbs and tops from pulpwood. The limbs and tops were left in "rows" and a mobile chipper converted this material to a size suitable for burning. All material was blown into containers and delivered to the mill site by truck. No difficulties were experienced in separating the hardwood-softwood component since the percentage of hardwood was low. With increasing hardwood component there would undoubtedly be some reduction in the pulpwood capacity of this system.

The intent was to maximize the recovery of forest biomass without increasing the cost of pulpwood harvesting.

Since the forest biomass project was in the nature of a trial, it was important to minimize capital expenditures for equipment that could not be subsequently used in pulpwood harvesting if biomass harvesting proved uneconomical. Therefore, only the skidders were purchased and all other equipment rented or hired on a contract basis. However, rental costs are high compared with depreciated costs and this is recognized in the analysis of costs. In the mill we were particularly fortunate in utilizing existing bark handling facilities to feed chips to the boilers and the self-dumping trucks also avoided capital costs which might prove redundant.

4.0 POTENTIAL FOR BIOMASS UTILIZATION

Bowater Newfoundland has burned bark in two of its six boilers for a number of years. The bark is a waste product from the wet barking process. Wet barking is the first step at the mill site to prepare pulpwood for conversion into paper. The wet bark is recovered, pressed and delivered to the boiler house for use as a fuel. Because the bark contains a high percentage of moisture (60 - 62% after pressing), boiler efficiency is low and the steam generating capability of the boiler is adversely affected. To increase the generating capacity of the two bark burning boilers, it is necessary to supplement bark fuel with oil. It is desirable to eliminate oil on these boilers and to maximize steam generation from the boilers using alternate fuels. This can be accomplished by burning bark of lower moisture content or supplementing bark with other biomass from the forest. One of the priorities of the present trial was to determine what quantity of forest biomass can be used with the existing bark to supply Nos. 1 & 2 boilers with solid fuel only and eliminate oil.

The immediate priority was to supply Nos. 1 & 2 boilers. Depending on the economics of forest biomass and the potential quantities of forest biomass available, a number of scenarios are possible. One scenario is to convert other boilers to burn forest biomass. Another scenario is to install a new boiler specifically designed to burn bark and other forest biomass. Before such a boiler can be designed, it is imperative that the supply of forest biomass can be maintained on a continuing basis. Information such as this was one of the objectives of the forest biomass trial.

Bowater Newfoundland does not have access to sawmill waste, therefore, solid fuel supply must come from bark produced at the mill and forest biomass from its forest holdings.

Bowater Newfoundland requires annually approximately 20,000 acres of forest land to provide the 463,000 cords of pulpwood to produce 403,000 tons of newsprint. If all the forest biomass on this acreage was available for burning and the Mill had boilers capable of burning this fuel, then it would be possible to completely replace the 515,000 bbls. of Bunker C oil now used to produce steam. However, all this biomass cannot be made available at an economic cost and the focus of the trials is to determine what part of this potential can be successfully utilized.

Bowater Newfoundland woodlands are divided into management units. Because of their locations closest to the mill, management units 14, 15 and 16 have potential

for providing fuel in the form of forest biomass. The main potential is in management unit 15 as the Mill is located in the centre of this unit. The annual allowable cut for this unit is 92,000 cords. Assuming 23 cords per acre, the cut over area in this unit is 4000 acres/yr. Assuming recoverable biomass of 20 tons per acre, the potential forest biomass within a 50 mile radius of the Mill site is approximately 80,000 tons/year on a continuing basis. The above is the potential from one management unit which is located in an area closest to the Mill site. The reality is that a portion of this management unit is not accessible and the economically recoverable biomass throughout management unit 15 may be less than the 20 tons per acre cited above. As we progress with biomass harvesting trials in other areas, we will have a clearer picture of the biomass potential of this and other management units.

As the current requirements for biomass with existing boilers are about 30,000 tons/year, it is safe to assume there are sufficient quantities available within management unit 15 to provide a continuous supply. To increase production above this level will require either conversion of existing boilers or a new boiler. The results of these trials provided data to more accurately assess the potential of biomass as an alternative fuel for Bowater Newfoundland.

5.0 ENERGY IMBALANCE - WOODS vs. MILL

One of the problems of utilizing forest biomass as a fuel on a continuous basis is the difference in operating days between woodlands and mill operations. Woodlands operate on a 5 day week, 150-200 operating days/year, while the Mill must be supplied with energy 7 days per week and 359 operating days/year. To uniformly supply forest biomass over the full year would require large storage piles during the periods in spring and fall when woodlands' operations are completely shut down. The period of shutdown is approximately 60-70 days in April-May and 45-60 days in November-December. There may be scenarios for the future where large receiving facilities for fuel wood could minimize this shutdown period but at present large fuel wood storage piles are not comtemplated at the Bowater Newfoundland Mill due to space and other problems associated with storage of wood chips. These problems are - cost, increasing moisture content of stored fuel, loss of fibre, materials handling facilities, etc.

Storage problems are not serious for the five day versus seven day imbalance of woods - mill operations. However, longer periods require make up with oil for energy needs. Unit cost of biomass fuel increases when utilization is low since the high capital costs of chipper and harvesting equipment must be written off during fewer productive days. These considerations must be appreciated when evaluating forest biomass as an alternative fuel and "spot" cost for a short time frame must be considered in the larger context. With both winter and summer operating experience and by extending the trials over a sufficiently long period of time, we were able to produce realistic costs for supplying forest biomass on a continuous basis.

6.0 THE HARVESTING AREA

Much of the forest within a 100 km radius of the Corner Brook Mill is mixed softwood-hardwood, with white birch comprising most of this hardwood component. The hardwoods remain on the cutovers following harvesting for pulpwood. The harvesting of this hardwood resource, together with logging residue of softwood tops and branches for fuel at the Mill is the basis of these trials.

The choice of harvesting area had to conform to certain criteria. The site for a trial had to be relatively close to the Mill to keep transportation costs in line but far enough from the Mill to be representative of areas that can provide sufficient quantities of biomass to write off the large capital expenditure for harvesting and chipping equipment. The site terrain should be typical of conditions to be experienced within a future biomass harvesting area. The sites would use existing pulpwood road networks.

Three sites were harvested during these trials. The Blue Hill Brook and Tower Line sites are located in the Serpentine Lake region approximately 25 km west of Corner Brook. The Glide Lake site is located near Deer Lake about 50 km east of Corner Brook. Figures 1 and 2 show the location of these sites in relation to the Mill.

6.1 - SITE DESCRIPTION

6.1.1 - Blue Hill Brook

The site chosen for the Phase I trial is in an area of generally rough hilly terrain at a distance of 45 km by road from the Mill site. The area harvested during the period July 6th to November 15th covered 430 acres and produced 8,992 green tons of biomass. The yield per acre was 20.9 green tons.

The site lies on a moderate northwest facing slope and the soil is a deep, nutrient rich, loam to silt loam which is moderately well drained. The land capability for Forestry (Canada Land Inventory 1972) is a mixture of classes 2 and 3. This is a very rich site with better than average growing conditions for Newfoundland. The site originally supported a mature Balsam fir stand about 80 years old. The stand was cut over for pulpwood in 1978.

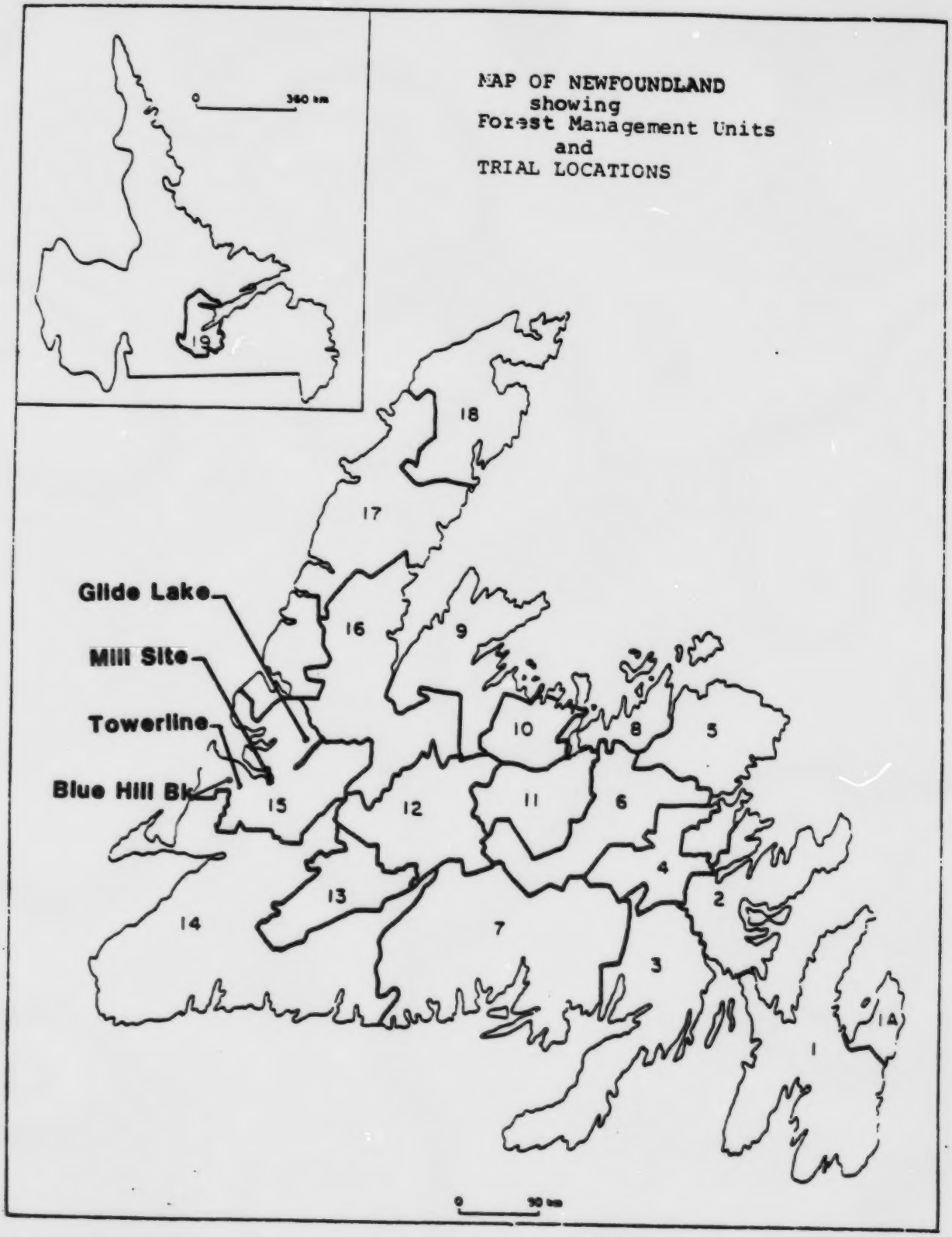

MAP OF NEWFOUNDLAND
showing
Forest Management Units
and
TRIAL LOCATIONS
0 360 km
19
18
17
16
9
10
8
5
12
11
6
15
4
2
13
7
3
14
1A
1
Glide Lake
Mill Site
Towerline
Blue Hill Bk
0 30 km

Figure 1

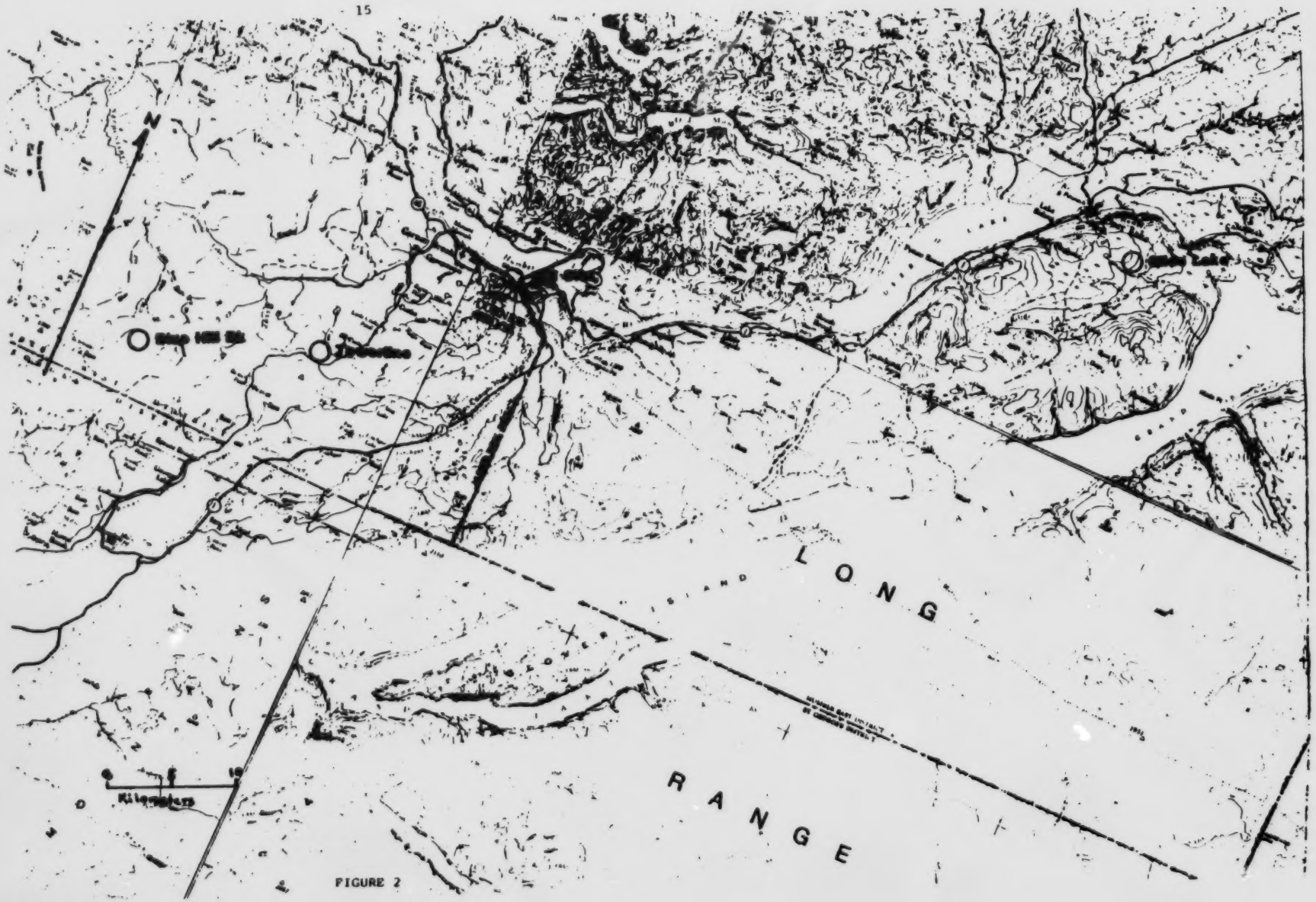


FIGURE 2

The stand remaining after pulpwood harvesting is typical of cutovers in Western Newfoundland with a few large white birch and other scattered white birch and balsam fir. Approximately 75% of the residual stems had been knocked down during the pulpwood harvesting operation. The average diameter of stems is 18.3 cm. It is interesting to note that no trees with dbh less than 6 cm were found. This is typical of a mature fir stand on a very rich site. Stand make-up before biomass harvesting is shown in Table 1 and after harvest in Table 2.

The photographs of the area are indicative of the terrain, the mixed softwood-hardwood stands and the residues left after pulpwood harvesting. (Photos 1 - 5).

6.1.2 - *Tower Line*

After the close of the summer harvesting season on November 15th, 1981, it was decided to continue the Phase I trial in winter operating conditions. Because of the large proportion of biomass in downed stems and the heavy snowfall and severe snowdrifting in Western Newfoundland it was obvious that winter biomass harvesting was not practical in cutovers. The harvesting unit was moved to a mature white birch stand. Harvesting commenced on January 2nd, 1982, and continued until March 1982. During this time, 3,721 green tons of chips were harvested from 27 ha. This equates to an average yield of 138 tons per hectare.

The site supported a nearly pure white birch stand approximately 60 years old with a few balsam fir and white spruce scattered throughout. Table 3 shows stems per hectare prior to harvesting and Table 3A shows what was left after the trial. The average dbh of the stand was 14.3 cm and 85% of the stems were 18 cm dbh or less.

The site lies on a moderate, south facing slope. The land capability for Forestry (Canada Land Inventory 1972) is class 3. The soil is a deep nutrient rich

TABLE 1

STAND TABLE - ALL SPECIES

SERPENTINE BIOMASS TRIAL

(Stems per Hectare)

Dbh (cm)	White Birch		Balsam Fir		Black Spruce		Total	
	Standing	Down*	Standing	Down	Standing	Down	Standing	Down
6	-	-	1	1	-	1	1	2
8	-	10	-	-	1	3	1	13
10	1	18	2	10	1	1	4	29
12	2	28	1	15	-	6	3	49
14	6	22	-	15	1	3	7	40
16	9	28	1	13	-	4	10	45
18	6	20	2	10	1	3	9	33
20	3	16	-	6	-	3	3	25
22	3	11	-	2	-	3	3	16
24	1	8	-	3	-	-	1	11
26	3	6	-	3	-	-	3	9
28	1	3	-	1	-	-	1	4
30	2	4	1	3	-	1	3	8
32	3	2	-	3	-	1	3	6
34	2	2	1	2	-	-	3	4
36	3	3	-	-	-	-	3	3
38	1	1	-	1	-	-	1	2
40	2	1	-		-	-	2	1
42	3	-	-	-	-	-	3	-
44	1	1	-	-	-	-	1	1
50	1	-	-	-	-	-	1	-
60	1	-	-	-	-	-	1	-
TOTAL	54	184	9	88	4	29	67	301

*Down includes broken pieces large enough to skid

TABLE 2 Post-treatment Stand Table (Stems/ha.) for All Species, for the Blue Hill Biomass Experimental Area

Dbh (cm)	White Birch		Balsam Fir		Black Spruce		Total	
	Standing	Down	Standing	Down	Standing	Down	Standing	Down
6	-	-	-	1	-	-	-	1
8	-	7	1	-	-	-	1	7
10	1	12	=	4	1	1	2	17
12	-	17	-	5	-	2	-	24
14	-	9	-	3	-	2	-	14
16	-	11	-	6	-	-	-	17
18	-	9	-	3	-	-	-	12
20	-	3	-	2	-	1	-	6
22	-	5	-	1	-	-	-	6
24	-	1	-	1	-	-	-	2
26	-	1	-	1	-	-	-	2
28	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	1	-	-	-	1
TOTAL	1	75	1	28	1	6	3	109

TABLE 3 Pre-treatment Stand Table (Stems/ha.) by Species, for the Tower Line Biomass Experimental Area

Dbh (cm)	SPECIES: White Birch Standing	White Birch Down	Balsam Fir Standing	Balsam Fir Down	Black Spruce Standing	Black Spruce Down	Total Standing	Total Down
6	20	1	49	-	1	-	70	1
8	84	2	34	-	1	-	119	2
10	142	5	20	-	1	-	163	5
12	191	3	15	-	1	-	207	3
14	197	5	15	-	-	-	212	5
16	191	1	10	-	1	-	202	1
18	143	1	9	-	1	-	153	1
20	90	1	7	-	-	-	97	1
22	48	1	8	-	1	-	57	1
24	22	-	3	-	-	-	25	-
26	13	-	4	-	-	-	17	-
28	4	-	3	-	-	-	7	-
30	2	-	2	-	-	-	4	-
32	1	-	2	-	-	-	3	-
34	-	-	-	-	-	-	-	-
36	-	-	1	-	-	-	1	-
38	-	-	-	-	-	-	-	-
40	1	-	-	-	-	-	1	-
TOTAL	1,149	20	162	0	7	0	1,338	20

TABLE 3A Post-treatment Stand Table (Stems/ha.) for All Species for the Tower Line Biomass Experimental Area

Dbh (cm)	SPECIES							
	White Birch		Balsam Fir		Black Spruce		Total	
	Standing	Down	Standing	Down	Standing	Down	Standing	Down
6	5	24	3	3	-	1	8	28
8	6	60	2	6	1	-	9	66
10	13	62	2	10	-	-	15	72
12	8	45	1	3	-	-	9	48
14	5	21	-	3	-	-	5	24
16	2	10	-	2	-	-	2	12
18	-	7	-	-	-	-	-	7
20	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	1	-	1	-	-	-	2
24	-	1	-	-	-	-	-	1
TOTAL	39	231	8	28	1	1	48	260

loam. This is an above average site for Newfoundland but is typical for pure hardwood stands in Western Newfoundland.

6.1.3 - *Glide Lake*

The site chosen for the Phase II trial is a relatively flat, somewhat wet area east of Deer Lake approximately 50 km from the Mill. Pulpwood harvesting operations were ongoing in the area, salvaging spruce budworm killed wood. A 13.8 ha area was outlined for the study and 378 tons of biomass plus 1836 M^3 of pulpwood were harvested from this area.

The site was on generally flat smooth terrain. Imperfectly and poorly drained loamy soils are common to the area. The land capability for Forestry (Canada Land Inventory, 1972) is a mixture of classes 4 and 5.

The stands logged during the trial were second growth stands resulting from natural regeneration after logging in the 1930's. The area was severely damaged by the spruce budworm in the late 1970's and approximately 65% of the stand was killed. The average dbh of the stems was 11.4 cm and stand height ranged from 9-16 metres. Tables 4 and 4A show stems per hectare before and after harvest.

6.2 - *SURVEY METHOD*

In all areas, plots were established before harvesting so that pre and post harvesting measurements of stand conditions and ground disturbance could be made. The survey procedures were developed by the Newfoundland Forest Research Centre and are shown in Appendix 1.

6.3 - *ENVIRONMENTAL IMPACT*

The only environmental impact measured during the trial was the amount of ground disturbance during harvesting operations. This varied from area to area depending on the time of the year that logging took place and the method of logging.

TABLE 4

PRE-HARVESTING MEASUREMENT
STAND TABLE - ALL SPECIES
GLIDE LAKE BIOMASS TRIAL
(STEMS/HA.)

Dbh (cm)	Balsam Fir				Black Spruce				White Birch				Speckled Alder				Larch				Total			
	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total
6	206	825	74	1105	25	1	-	26	36	7	1	44	94	-	3	97	-	-	-	-	361	833	78	1272
8	222	426	74	722	18	6	-	24	37	10	-	47	17	-	1	18	-	-	-	-	294	442	75	811
10	160	313	56	529	7	-	-	7	24	3	3	30	1	-	-	1	-	-	-	-	192	316	59	567
12	144	210	49	403	10	1	-	11	8	7	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	162	218	49	429
14	160	156	32	348	11	-	3	14	18	6	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	189	162	35	386
16	114	175	35	324	24	3	1	28	6	4	-	10	-	-	-	-	1	-	-	1	145	182	36	363
18	78	99	17	194	14	3	-	17	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	95	102	17	214
20	47	96	25	168	11	-	3	14	3	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	61	97	28	186
22	35	47	8	90	7	-	3	10	4	1	3	8	-	-	-	-	-	-	-	-	46	48	14	108
24	36	61	11	108	11	1	6	18	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	47	65	17	129
26	15	26	4	45	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	26	4	46
28	7	17	3	27	4	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	17	4	32
30	3	7	3	13	-	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	9	3	15
32	-	4	-	4	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	6
34	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
36	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2
Total	1228	2464	392	4084	144	16	18	178	139	43	7	189	112	-	4	116	1			1	1624	2523	421	4568

L - Live
SD - Standing Dead
DD - Downed Dead

TABLE 4A

POST HARVESTING MEASUREMENT

STAND TABLE - ALL SPECIES

GLIDE LAKE - BIOMASS TRIAL
(STEMS/HA.)

ph ass	Balsam Fir				Black Spruce				White Birch				Speckled Alder				Larch				Total			
	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total	L	SD	DD	Total
6	31	50	25	106	7			7	3		4	7	40			40					81	50	29	160
8	14	15	11	40	11	10		21	1	1		2	3			3					29	26	11	66
0	3	4	3	10	4	11	1	16			1	1									7	15	5	27
2			3	3		8		8														8	3	11
4			4	4	3	7		10	3			3									6	7	4	17
6					1	10	1	12	1			1									2	10	1	13
8			1	1	1	8		9													1	8	1	10
0																								
2						1		1														1		1
4						3		3														3		3
6						1		1														1		1
8																								
0																								
2																								
4																								
6																								
al	48	69	47	164	27	59	2	88	8	1	5	14	43			43					126	129	54	309

Sub-merchantable (5m x 5m Plots) Post Measurement

60 stems/hecta

6.3.1 - *Blue Hill Brook*

Tables 5 and 5A show the pre and post harvesting disturbance in the Blue Hill Brook harvesting area. This area had previously been logged for pulpwood and 61.5% of the area measured had some type of disturbance resulting from the original pulpwood harvest. The total disturbed area after biomass harvesting was 72.5% or an increase of 11% during biomass harvesting operations. Most of the disturbance both before and after harvesting consisted of cull logs and slash on the ground. Actual soil disturbance (types 1-12) by all causes increased from 13.8% to 26.9% during biomass harvesting.

6.3.2 - *Tower Line*

Because of snow cover at the time plots were established in this area, pre-treatment ground disturbance could not be measured. However, this area was an undisturbed semi-mature birch stand and visual observations in uncut portions of the stand indicate that pre-harvest disturbance was nil. Table 6 shows the disturbance after biomass harvesting. A total of 21% of the ground surface had some type of disturbance. Most of this disturbance (11.9%) consisted of debris heaps.

TABLE 5 Results of pre-treatment ground surface disturbance study, Blue Hill biomass experimental area.

	Disturbance Type										
Disturbance Cause	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Undisturbed	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.5
Bulldozed skid trail	-	1.1	0.8	0.2	-	-	0.1	-	-	-	2.2
Unbulldozed skid trail	0.9	2.2	0.3	0.4	-	-	3.6	-	0.1	-	7.5
Bulldozed landing	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Unbulldozed landing	0.3	0.3	-	-	-	-	0.4	0.1	-	0.6	1.7
Road surface	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	0.8
Till heap	-	-	-	-	0.1	0.2	-	-	-	-	0.3
Debris heap	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.0	46.0
Uprooted tree/stump	-	0.7	0.1	-	-	-	0.2	-	-	1.1	2.1
Undetermined	-	0.5	-	-	-	-	0.3	-	-	-	0.8
TOTAL	1.2	4.8	1.3	0.6	0.1	1.0	4.6	0.1	0.1	47.7	100.0

1. Humus layer exposed
2. Mineral soil exposure < 10 cm
3. Mineral soil exposure 10-25 cm
4. Mineral soil exposure > 25 cm
5. Mineral soil deposits 10-25 cm
6. Mineral soil deposits > 25 cm
7. OM/debris/soil mixture < 10 cm
8. OM/debris/soil mixture 10-25 cm
9. OM/debris/soil mixture > 25 cm
10. Cull log/slash

TABLE 5A Results of post-treatment ground surface disturbance study, Blue Hill biomass experimental area.

	Disturbance Type													
Disturbance Cause	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Undisturbed	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5
Bulldozed skid trail	-	0.6	0.6	0.8	-	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-	2.6
Unbulldozed skid trail	2.8	4.9	2.3	1.2	-	0.3	-	3.7	1.7	0.4	0.2	0.3	0.8	18.6
Butt end gouge	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
Bulldozed landing	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Unbulldozed landing	-	-	-	0.2	-	-	-	0.3	0.1	-	-	-	0.4	1.0
Till heap	0.1	0.2	-	-	-	-	0.8	-	-	0.2	-	-	-	1.3
Debris heap	-	0.1	-	-	0.2	-	-	-	-	0.1	-	-	44.1	44.5
Uprooted tree/stump	0.1	0.7	0.3	0.2	-	-	-	-	0.1	-	-	-	0.3	1.7
Undetermined	0.7	0.7	0.2	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	2.3
TOTAL	3.7	7.5	3.6	2.4	0.2	0.3	0.8	5.2	2.0	0.7	0.2	0.3	45.6	100.0

1. Humus layer exposed
2. Mineral soil exposed < 10 cm
3. Mineral soil exposed 10-25 cm
4. Mineral soil exposed > 25 cm
5. Mineral soil deposits < 10 cm
6. Mineral soil deposits 10-25 cm
7. Mineral soil deposits > 25 cm
8. Organic matter/debris/soil mixture < 10 cm
9. Organic matter/debris/soil mixture 10-25 cm
10. Organic matter/debris/soil mixture > 25 cm
11. Muck ≤ 10 cm
12. Muck > 10 cm
13. Cull log/slash

Table 6 Results of the Post-treatment Ground Surface Disturbance Study, Towerline Biomass Experimental Area

Disturbance Cause	Disturbance Type 1	2	3	4	5	6	Total
Undisturbed	-	-	-	-	-	-	79.0
Debris heap	-	-	-	-	-	11.9	11.9
Uprooted tree/ stump	0.1	0.4	0.1	-	-	-	0.6
Undetermined	0.2	-	-	0.2	-	-	0.4
Unbulldozed skid trail	1.5	0.1	-	6.3	0.2	-	8.1
Total	1.8	0.5	0.1	6.5	0.2	11.9	100.0

1. Mineral soil exposure < 10 cm
2. Mineral soil exposure 10-25 cm
3. Mineral soil exposure > 25 cm
4. Organic matter/debris/soil mixture < 10 cm
5. Organic matter/debris/soil mixture 10-25 cm
6. Cull log/slash

6.3.3 - *Glide Lake*

Post harvest disturbance measurements could not be made because of snow cover in the area at the end of harvesting operations. Pre-harvest disturbance consisted of the uprooted stumps of insect killed trees that had blown down. Disturbance during harvesting varied with conditions on the site.

6.4 - *REGENERATION AND SILVICULTURE*

6.4.1 - *Blue Hill Brook*

Table 7 shows regeneration status both before and after biomass harvesting in the Blue Hill Brook area. 40% stocking of 4 M^2 plots is generally considered the minimum required for adequate regeneration. While this area has 41% softwood stocking Bowater does not consider this adequate on this better than average site. A more detailed regeneration survey of the entire area will be made in order to develop a regeneration plan for the area. The increased level of hardwood stocking after harvest is due to sprouting from roots and stumps.

The large diameter white birch stems typically left on cutovers after pulpwood harvesting in Western Newfoundland are an impediment to subsequent silvicultural operations. Removal of these stems for use as fuel will make any future work on the site much easier.

6.4.2 - *Tower Line*

Because of excessive snow cover when plots were established, no pre-harvest regeneration counts could be made. Visual observations indicate that softwood stocking both before and after harvest is nil and that the area will regenerate to white birch by sprouting. Since this is an above average

TABLE 7

REGENERATION BEFORE AND AFTER HARVESTING

BLUE HILL BROOK

Species	Stems/hectare		% Stocking	
	Precut	Postcut	Precut	Postcut
Balsam Fir	6,717	5,380	39	39
White Spruce	485	173	5	2
Total Softwood	7,202	5,553	41	41
White Birch	9,912	13,802	74	82
Other Softwood	243	295	3	5
Total Hardwood	10,155	14,097	75	82

site, Bowater would like to establish a softwood plantation on the site. This is not practical, however, because of the restrictions placed on the use of herbicides for site preparation in Newfoundland.

6.4.3 - *Glide Lake*

Post harvest regeneration counts could not be made because of snow cover. The area had good softwood regeneration before harvest and this was not disturbed except where deep rutting by the Koehring caused the undercarriage to scuff the ground between the ruts.

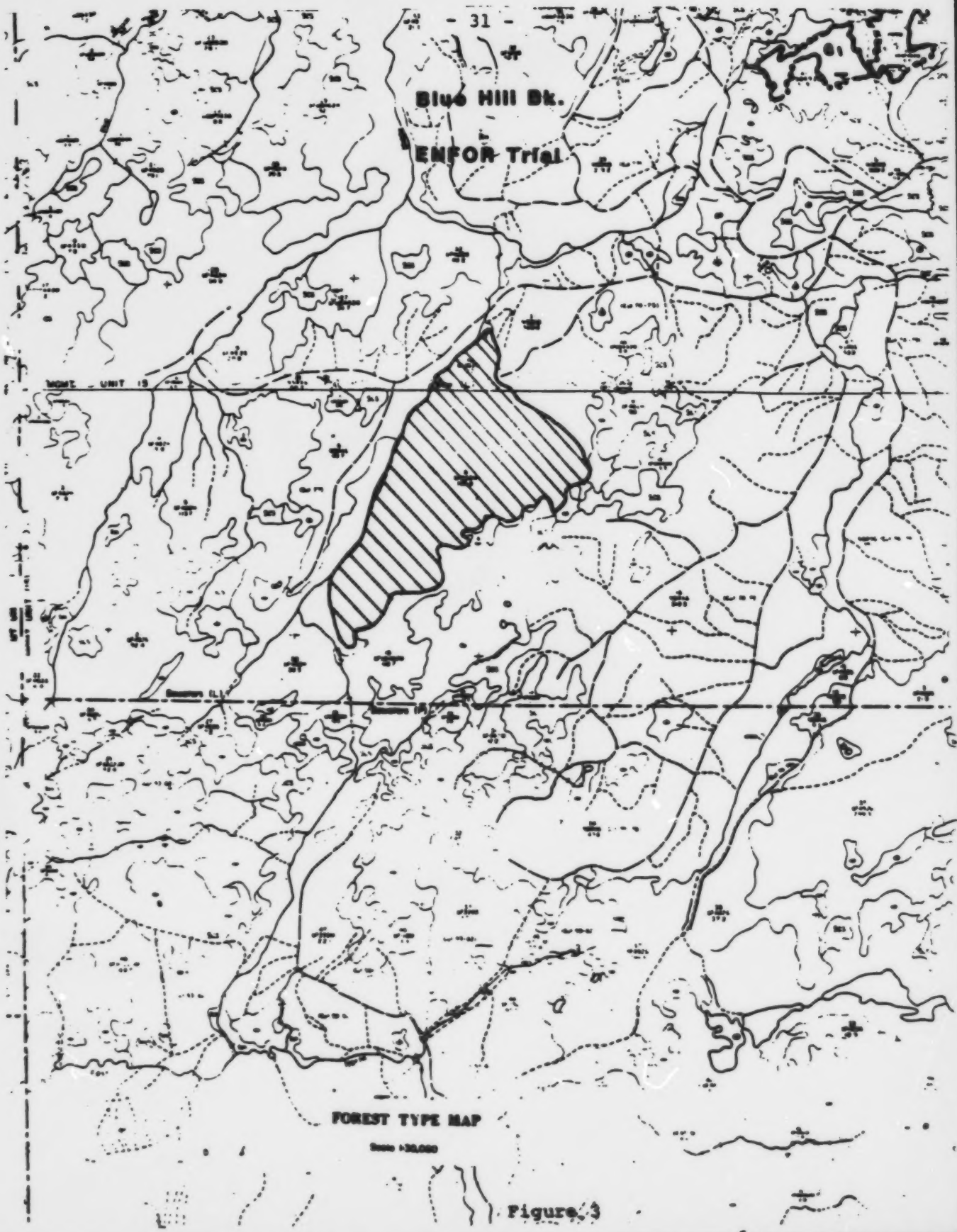


Figure 3

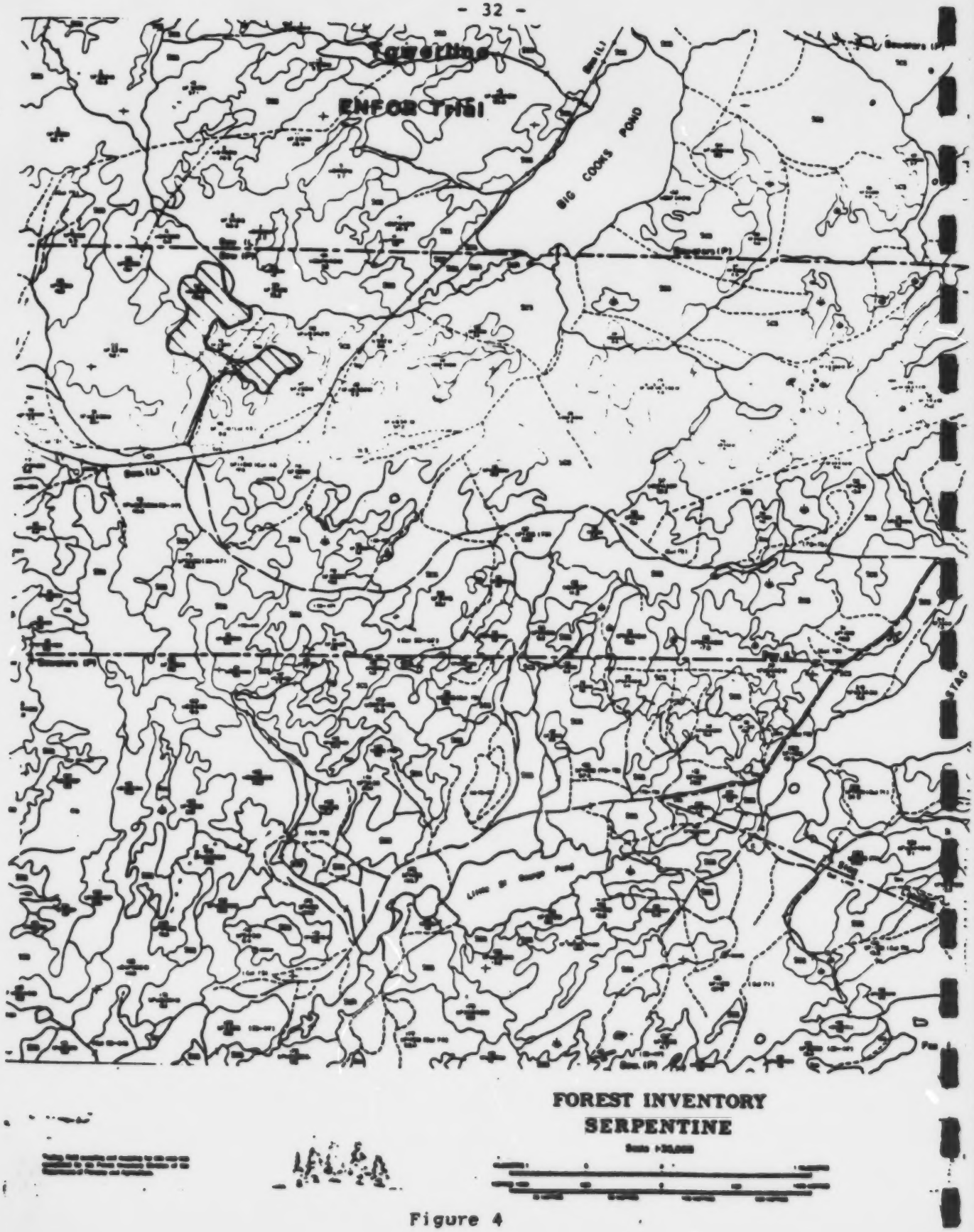

Tawelline
ENFOR Trial
BIG COOKS POND
STAG
FOREST INVENTORY
SERPENTINE

Figure 4

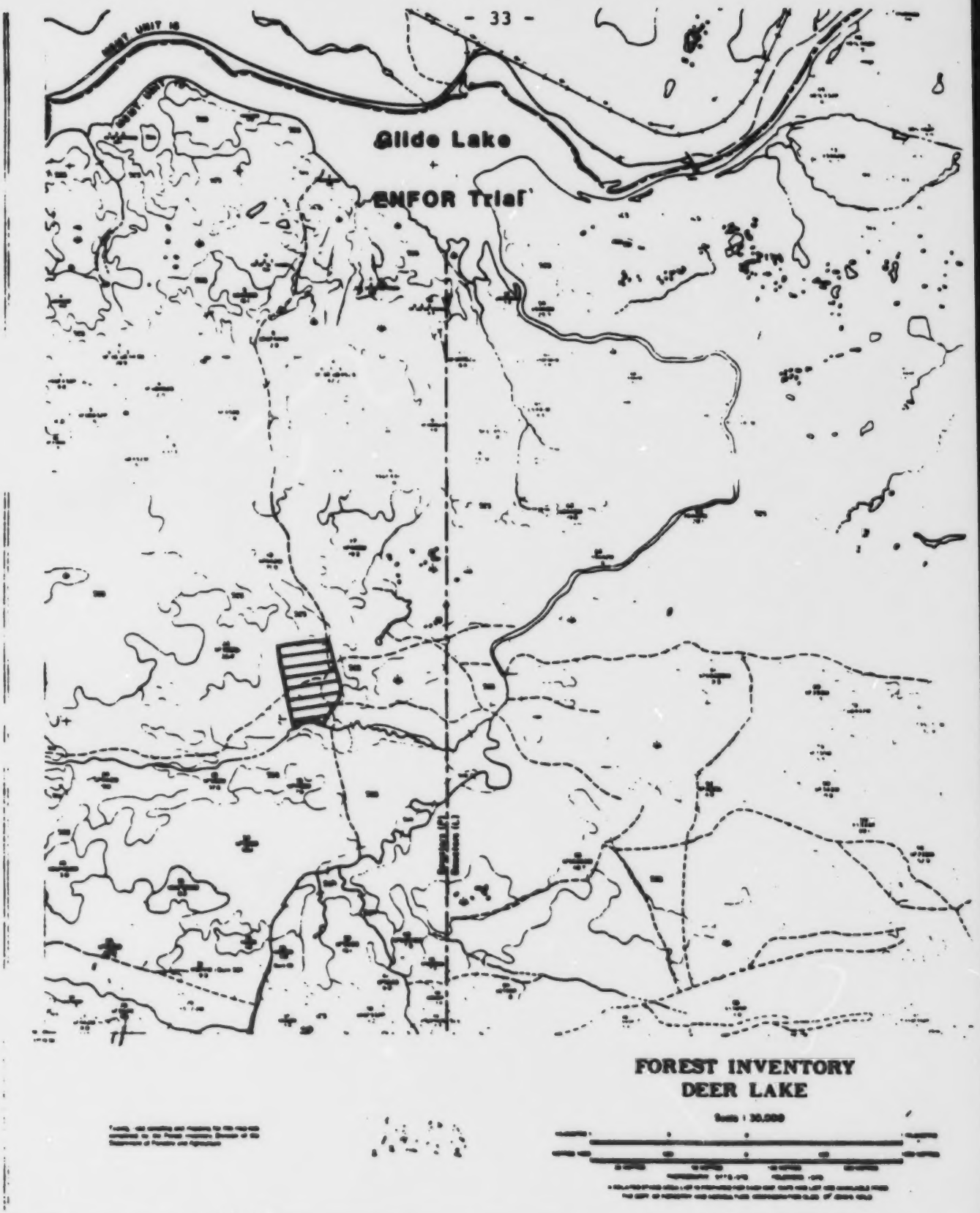


Figure 5

7.0 DESCRIPTION OF PROJECT EQUIPMENT

7.1 - *PHASE 1 - SYSTEM 1*

7.1.1 - *Harvesting*

For transport to roadside, the Timberjack model 450 cable skidder was selected as having the necessary horsepower and traction to skid the trees to the landing for processing.

3 Timberjack Model 450 Skidders

Engine: G-M -4-53 turbo charged to give 144 flywheel horsepower at 2500 rpm. Single stage torque converter with Clark full powershift transmission - 3 speeds forward and 3 reverse.
Axles: Eaton heavy duty W5128, of the outboard planetary type. Oscillation ±15°. No spin differentials front and rear.
Hydraulic pump of the gear type, 31 U.S. gpm at 2500 rpm and 200 psi.
Electrical system 12 volts.
Winch: Gearmatic 119 with 30,000 pounds line pull.
Tyres: United 23.1 x 26 LS-2

These skidders have generally performed well on this job, and have justified the decision to go to a larger, stronger machine with more horsepower and wider tires.

7.1.2 - *Chipping*

The chipper selected was a portable one with an infeed deck, and a discharge spout with some mobility of discharge direction. It is set up at a landing, and the skidders feed into it dropping their loads within reach of the knuckle-boom loader. As the immediate area is cleared of birch, then the chipper is moved to a new landing, using a Mack truck with a 5th wheel attachment. Moving time takes only an hour or so under most conditions.

At the start the chipper was set up with some 12 extra sets of knives, and arrangements were made to have the knives ground in the mill grinding shop. This has worked well.

7.1.2 Cont'd.

1 Morbark Model 22RXL Total Chipharvester

Engine: Cummins 450K - 450 horsepower.
Chipper: L.H. Rotation, Horizontal feed, end discharge, 75 inches diameter, 3 knives.

Loader: Barko Model 160 hydraulic knuckle boom loader, with G17-G-53 power unit.

Unit has hydraulic powered hood, stabilizers, infeed trough and compression rolls. Discharge spout has a powered swivel, controlled from the operator's cab. It is equipped with its own air compressor, air receiver tank and air wrench, to provide for rapid knife changes. It is also equipped with a dirt separator.

This chipper has very adequately handled all the birch available on the cutover both standing and felled and has provided a uniform chip. The dirt separator has removed all twigs that could cause problems in the mill pneumatic transport system. Knife changes are easily done in 10 minutes, and the frequency depends on the cleanliness of the full trees as fed in on the infeed conveyor. Mechanical problems have been of a very minor nature. A reliable, sound machine.

7.1.3 - *Transportation*

The chips are blown into metal containers contained on the back of regular "pallet" trucks.

Containers are the regular type used in the International transportation of goods, in the standard 8 foot by 8 foot by 20 feet long, with double, sealed doors on the back end. An extra container was fabricated locally from plywood and aluminum, to try and get a larger pay load of chips per trip. The increase was marginal.

Trucks used were the usual diesel powered, pallet type trucks used to transport 4 foot pulpwood. They normally back into a landing and by elevating two hydraulically operated rails, allow the fabricated pallet to skid off onto the ground. They normally carry 6½ cords of 4 foot pulpwood per trip. For chip transportation, the freight

7.1.3 Cont'd.

containers were bolted to the pallet, and are handled the same as a load of pulpwood, except that with a loading time of 10 minutes, it is not necessary to drop the pallet onto the ground. The chips are blown into the container through an opening in one of the rear doors. Three trucks were adequate to handle the volume of chips produced.

7.2 - *PHASE II - SYSTEM II*

7.2.1 - *Harvesting*

The objective in Phase II was to integrate pulpwood and fuelwood operations, and it was necessary to select equipment which could deliver whole trees to roadside. Since the main source of fuelwood was in limbs and tops, it was imperative that trees be kept from contact with the ground to avoid contamination which would be detrimental to chipping and make the biomass unsuitable for burning. Therefore, the skidders which were used in Phase I operations could not be used in Phase II.

The equipment finally selected was a Koehring Feller - Forwarder, Model K3FF. This unit was equipped as follows:

- Multiple tree shear felling head 24" c/w 9" diameter shear cylinder
- Wheelbase 28"
- Engine Cat Diesel 330 6TA
- Engine safety shut down system actuated by low engine oil pressure, high collant temperatures, low hydraulic oil level and high pump drive gear box temperature
- Engine coolant low level indicator mounted in cab
- Operator's cab, insulated with heater and defroster fans
- Differentials - high traction in front and rear drive
- Planetary final drives 8:6:1
- Tires - Firestone 42.5 x 29 XWW 24 P.R.

7.2.1 Cont'd.

- Steering cylinders 6" diameter
- Dump cylinder 8" diameter
- Bunk sides (filled in bottom and partial side plates)
- Fire suppression system in engine compartment consisting of two only manually actuated 30# dry chemical extinguishers, nitrogen powered, heat sensors, nozzles and alarm bell
- Hydraulic oil cooler, separately mounted with thermostatically controlled hydraulically driven fan
- Hydraulic oil tank heater, electric, 3000 watt with 50' - 3 wire extension cord
- Engine coolant heater 1500 watt
- Extreme service bottom pans
- Tire chains 5/8"

The above equipment was operated on a two shift basis.

7.2.2 - *Processing*

The equipment selected to process the whole trees at roadside was a Hahn Short Wood Harvester. This unit delimbs and tops the trees and recovers pulpwood in eight foot lengths. The residue left as limbs and tops is potential fuelwood.

The following are the particulars with respect to this equipment:

Dimensions

Length	-	39'-3"
Width	-	8' (travel configuration)
Height	-	12'-8" (travel configuation)
Weight	-	25,500 lbs.

7.2.2 Cont'd.

Drive System

Engine: GM 353 (std.): 78 Hp @ 2200 rpm
Axle: Franklin F-185, no-spin planetary
Propel Motor: 28.88 cu.in.
Brakes: Hydraulic disc/caliper type in drive line

Loader

All hydraulic; external gear/turntable bearing; dual hydraulic motor swing through 320' (approx.); 20 ft. boom with 6" bore cylinders on Main and Jib
Grapple: 1/3 cord, bypass

De-Limb

Carriage: Driven with two hydraulic cylinders
(a) Instroke (feed): 10,000 lbs. force at 5.7 ft. per sec.
(b) Out Stroke (de-limb): 19,600 lbs. force at 2.9 ft. per sec.

Capacity

(a) Hold down will accept up to 23" dia. stem
(b) Unit will de-limb from 20" to 3" top

Shear

78,560 lbs. force at 1.37 ft. per sec.

Fuel Capacity

Approximately 55 gallons

Hydraulics

Carriage: Driven by two hydraulic cylinders
Man Pump: Dual Control - 56 gpm - 37 gpm - 28 gpm triple gear

Pump Drive

Single place, disconnect clutch

Filtration

Four 10 micron spin on filters

7.2.2 Cont'd

Oil Reservoir

(a) Capacity: (1) System: 110 gallons
(2) Tank: 65 gallons
(b) Oil: ATF

Systems Pressure

2000 psi

Electrical

12 volt DC

Dual cab controls for two man operation.

7.2.3 - *Chipping*

The nature of the material to be chipped (limbs and tops) made it necessary to carefully select a chipper as it was thought to be the key to the success of the Phase II trials. The unit selected was a Bruks chipper, Model 1000 CT. It was equipped as follows:

- Drum chipper infeed opening (16.5 x 22.0 inches)
- Hydraulic, upward folding
- Infeed chain table, for chipping small material such as limbs, tops, short ends, etc.
- Infeed spout with hydraulic lower table roll for whole trees
- Chip discharge tube
- Deutz air cooled V-8 Diesel engine F8L413F developing 214 Hp at 2300 rpm
- Twin disc PTO clutch
- V-belt transmission
- 300 litre fuel tank
- Hydraulic system complete with tank and pump

The above unit was mounted on a low bed trailer as shown in Photos 24, 25 & 28.

8.0 THE HARVESTING & CHIPPING OPERATIONS

8.1 - *PHASE 1 - SYSTEM 1*

The harvesting system selected for Phase 1 of the trial was similar to the major part of our pulpwood harvesting operation. This consisted of manual felling and full tree skidding to a central landing. The trees were skidded using three Timberjack 450 cable skidders and delivered to a Morbark 22 Chiparvester. A schematic of the system is shown in Fig. 6

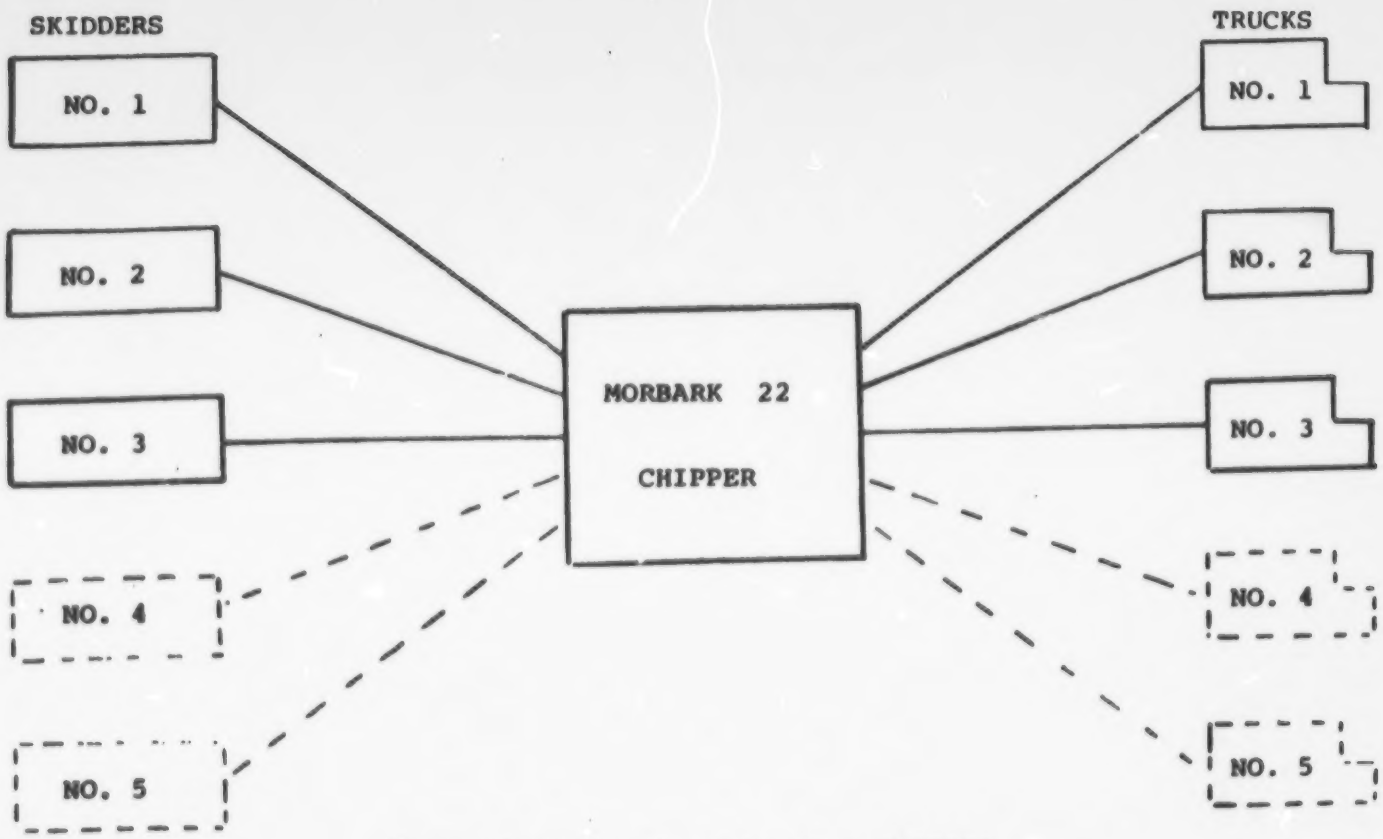
8.1.1 - *Harvesting*

One cutter worked with each skidder. The cutter felled the trees and assisted the skidder operator to hook up the load. (Photo 5, 6, & 7). The original intent was to utilize the residual birch left on the cutover after pulpwood harvesting. However, since the birch was scattered, the skidders had to make several stops to make up a "load". To increase production, the operators began to be less selective and picked up all wood, hardwood or softwood, which was large enough and sound enough to hold together until it could be skidded to the landing. This had the added benefits of reducing time to pick up a load, increased yield per acre, and did a much better job of cleaning up the site. The latter is particularly important if planting of the area is necessary.

Cut layout was not difficult for the skidder crews. The area had been logged for pulpwood in 1978. Skid trails from that operation were used as block boundaries for the clean-up operation. (Photo 8). Skidding distances were as long as 1200 meters but averaged 500 to 600 meters.

Skidders, (Photo 9), delivered the trees to the chipper on the side opposite the chip discharge spout. (Photo 10). This allowed the skidder operators to unhook their loads without interfering with chipper operation and the loading of chip vans. This is also where the knuckle boom loader proved to be much more effective than the straight sliding boom loader. The chipper operator picked up trees deposited by the skidder on one side of the chipper and carefully piled them, or "cold decked" them,

BIOMASS HARVESTING SYSTEM - PHASE I



Shows the main elements in a Biomass Harvesting System.

Dotted lines indicate expansion capabilities of System.

Figure 6

8.1.1 Cont'd.

on the opposite side just to the rear of the discharge chute. (Photo 11 & 12). As many as 10 truck loads could be stockpiled for chipping in this way which made the operation more flexible. Skidders were able to keep working without danger of being blocked. Trucks also were independent of skidders and were not kept waiting for skidders to bring in their loads, as long as a stockpile was maintained.

The above description was for a summer - fall operation but a similar system was used to harvest the pure hardwood stands during winter operations. The only additional equipment used was the addition of a tractor to open skidder roads and do other snow clearing activities around the harvesting and chipping site.

8.1.2 - *Chipping*

When the wood arrived at the landing, the chipper utility man trimmed off any big branches or crooked butts that might cause chipper feeding problems. These parts were put through the machine separately after the main part of the tree had been chipped. This requirement was the exception rather than the rule but was necessary to keep the chipping operation running smoothly.

The chipper was capable of chipping trees up to a diameter of 55 centimeters (22 inches). The loader picks up one or more trees (Photo 11) depending on size and places them on the infeed deck, making sure that the butts are engaged with the infeed rollers and feeding freely. (Photo 13). Care should be taken to prevent force feeding if jamming occurs. A good operator can feed the chipper at good production rates and keep jamming to a minimum. Production rates for the chipper when loading a truck were as high as 89 green tons/hour and averaged 52 tons/hour. This indicates how much potential excess capacity the chipper has compared with the rest of the system.

The Morbark chiparvester (Photo 12) was equipped with three chipping knives which required changing somewhere between 20 to 100 tons of production.

8.1.2 Cont'd.

The frequency of knife changes was almost exclusively determined by the amount of mud, etc., on the wood being chipped. Wet weather gave the most problems in this regard. A knife change took approximately ten minutes and was scheduled mainly when trucks were transporting chips to the Mill so as not to interfere with production. Knife sharpening was done at the Mill and spare knives were kept on hand at the chipper.

The Morbark chiparvester is a portable machine although it is not self propelled. It is basically a trailer and is towed by means of a fifth wheel hook-up. In this particular operation, an old Mack tractor truck equipped with a fifth wheel was used to move the chipper from landing to landing. As this area had recently been harvested, the existing road network was utilized. Distance between landings varied between 500 to 1000 metres. To move an operation from one landing to another and have the system back into production required approximately 1 - 2 hours. There were only four such moves during the trial.

The chipper was equipped with lights which permitted after shift servicing and repairing of equipment. Chips could also be produced, if required, as long as a supply of wood was available from the "cold deck". A full time mechanic was not employed but services were available on call from a skidder garage approximately three miles distant.

Production and time study data were recorded by a technician hired to analyse the various system components. The various production data, availability and utilization of skidders and the chipper are outlined in Table 8.

This information clearly illustrates the low utilization of the chipper and indicates the significant production increase possible on this unit. To increase production on the chipper, additional skidders and trucking capability are required. In the particular circumstances at Bowater Newfoundland, the limitation on increasing production in this manner was the capability of the mill boilers to handle solid fuel. A production of 120 tons of chips per day or 600 tons per week was about the capability of the boilers under present conditions to burn chips. The chips were additional to the 2170 tons/week

TABLE 8: PRODUCTION SUMMARY FOR THREE TIMBERJACK 450 CABLE SKIDDERS AND ONE MORBARK 22 CHIPARVESTER WHILE WORKING ON BOWATER - ENFOR TRIAL - July 5 - Nov. 15, 1981

Item	Skidders	Chipper
Scheduled Machine Days	254.0	96.0
Scheduled Machine Hours	2032.0	812.0
Available Machine Hours	2011.0	701.25
Availability	99%	86%
Productive Machine Hours	1986.0	346.0
Utilization	98%	43%
Tons Produced	8991.5	8991.5
Tons Per Day Per Machine	35.2	100.0
Tons Per A.M.H.	4.4	12.8
Tons Per P.M.H.	4.5	26.0
Truck Loads Produced	-	933.0
Truck Loads Per Day	-	10.0
Truck Loads Per A.M.H.	-	1.3
Truck Loads Per P.M.H.	-	2.7
Tons Per Truck Load	-	9.6

8.1.2 Cont'd.

of bark available at the Mill site. The cost of chips could be significantly reduced if the full productive capacity of the chipper was utilized.

The above description was for the summer - fall operation but was almost identical for the winter system. Because of the pure hardwood stand, tree size was significantly smaller with smaller crowns so that it was not necessary to trim branches and interference with feeding was minimal. It was not necessary to move the chipper at any time during the winter trials as the tons of biomass per acre were approximately four times as great in the pure hardwood stands which meant skidder hauls were shorter and the acres harvested correspondingly reduced.

8.1.3 - *Manpower*

The total manpower employed in the operation for approximately 120 green tons per day is as follows:

1.	3	-	Cutters
2.	3	-	Skidder Operators
3.	1	-	Chipper Operator
4.	1	-	Utility Man
5.	1	-	Technician
6.	1	-	Foreman
7.	3	-	Truckers
8.	1	-	Mechanic - Part Time
Total	14		

For a normal operation, the technician is not required but a foreman would be required full time.

8.2 - *PHASE II - SYSTEM II*

The harvesting system selected for Phase II of the trial was an integrated pulpwood - fuelwood system. The main components of the system were:

1. a Koehring feller forwarder (Photo 17)
2. a Hahn shortwood harvester (Photo 22), and
3. a Bruks chipper (Photo 28).

The equipment for both pulpwood harvesting and fuelwood processing was unlike any previously operated by the Company with the exception of the Hahn processor with which there was limited experience. This system delivers the whole tree to roadside without it having previously been in contact with the ground. This enables delivery of biomass in the form of limbs and tops, free of grit and rocks. Contamination of limbs and tops would seriously affect its usefulness as a fuel. At roadside the trees are delimbed, topped and cut into eight foot pulpwood by the Hahn processor. After processing the residues (in the form of limbs, tops and hardwoods) were left at roadside where they were picked up and fed to a Bruks disc chipper. A schematic of the chipping rig is shown in Fig. 7

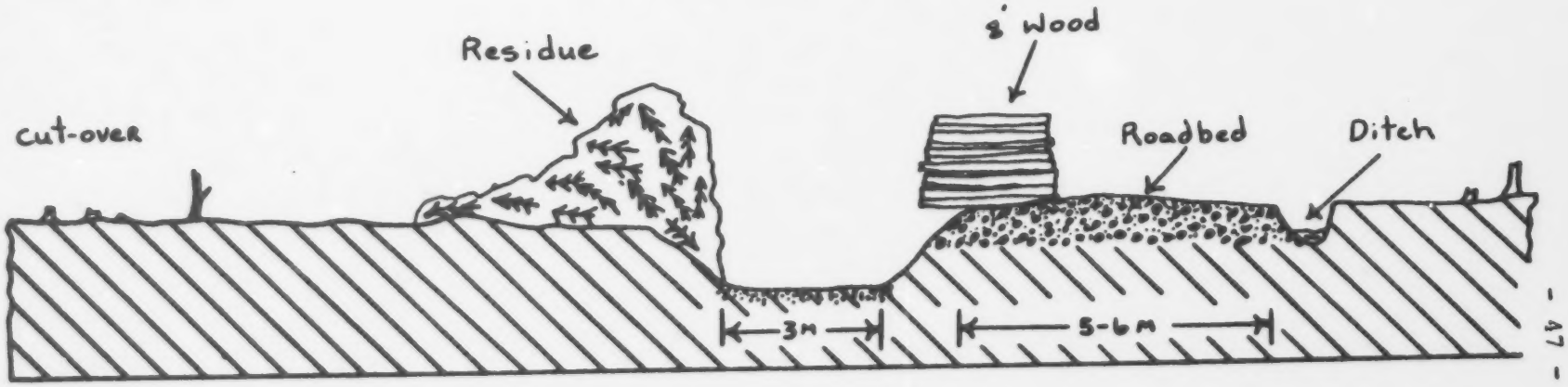
8.2.1 - *Harvesting*

To cut and deliver whole trees to roadside the Koehring Feller-Forwarder was used. (Photo 18). This machine is equipped with a cutting, accumulating head. After a number of trees are cut, they are dropped into a rack at the rear of the machine. The rack (Photo 19) can accomodate 15 cubic meters (6¼ cords) of solid wood and the machine can cut and deliver to roadside 5 to 6 loads per shift. Because the cost of this piece of equipment is in excess of one-half million dollars, it is necessary to operate more than one shift to obtain a level of production that will justify the cost involved. The Koehring was operated for two shifts, 8 a.m. to 4 p.m. and 4 p.m. to 12 a.m.

The Koehring delivered its load to crawler tractor prepared sites along the main access road. (Photo 19, 21, & 23). These prepared shoulders were necessary to accommodate the subsequent processing

Sketch Showing Chipper & Operating Conditions

PHASE II



1 Mack Truck
2 Hydraulic Tank
3 Boom
4 Grab
5 Loader Cab
6 Feeder
7 Chipper
8 Engine
9 Blower Shoot
10 Container

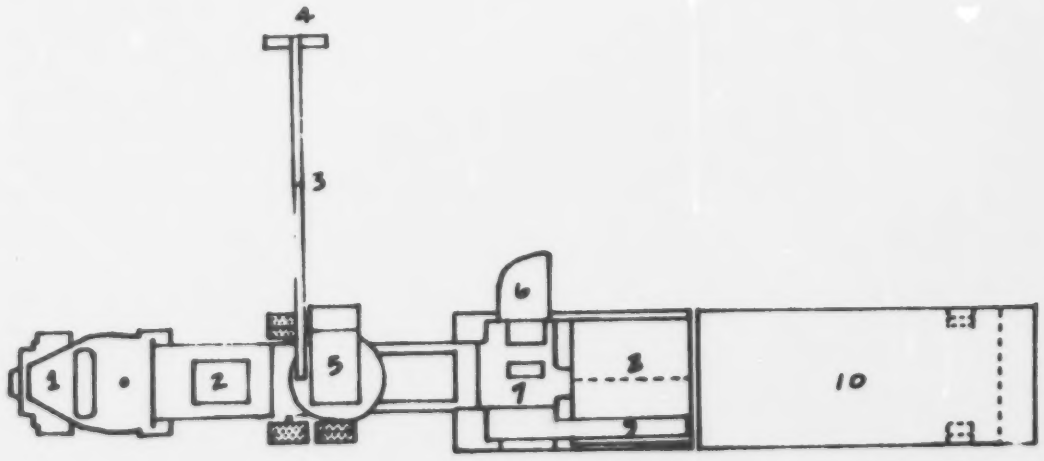


Figure 7

8.2.1 Cont'd.

by the Hahn Shortwood Harvester. (Photo 22 & 23). Loads were spaced 3 - 4 meters apart. (Photo 21). This spacing was found necessary to separate residue and unprocessed trees and improved the operation of the total system.

To obtain detailed information relating to total biomass and the recovery of pulpwood and fuelwood, a trial block was laid out and divided into Sections A & B for a more intense study.

Trees from each section were kept separate. Because space was limited at Section A, loads were piled on residue from the Hahn processor. This would later cause problems at the chipping stage but could not be avoided.

Harvesting at Section A started on October 4th, 1982 and finished on October 13th, 1982. Section B was started on October 14th, 1982 and finished on October 20th, 1982. The Hahn processor worked with the Koehring Feller-Forwarder but was not able to keep ahead of the Koehring. Both systems worked on a two-shift basis but the Hahn required nine additional shifts (4½ days) to complete the processing for the two trial blocks.

One of the objectives of the Phase II operation was to assess the production matching capabilities of the total system - Koehring, Hahn and Bruks chipper. If either unit is under or over capacity with respect to the other, the total system's efficiency is compromised. This will be discussed more fully later in the report.

The harvesting phase of the system operated well with the only negative aspects being site disturbance by the large tires which formed ruts. There was also some fibre loss from breakage and high stumps. Although it is obvious that a harvesting machine such as the Koehring has limitations with respect to terrain and ground conditions, it performed reasonably well under less than ideal conditions. Wood is generally small in the Glide Lake area as harvesting was carried out to salvage budworm damaged stands. Under normal conditions, this forest would not have been harvested for another 20 to 25 years, and trees would be correspondingly larger. The soft nature of much of the terrain also mitigated against the most efficient operation of the Koehring.

8.2.1 Cont'd.

The data related to harvesting is shown in Table 9.

8.2.2 - *Processing*

Processing in this content is the recovery of 8 foot pulpwood from the whole tree, the removal of limbs and tops and storage of this residue in rows for chipping into fuelwood.

As soon as the Koehring had delivered 4 - 5 loads, the Hahn started processing. (Photo 22 & 23). The height of the piles presented some problems in that trees were difficult to separate. This caused top and stem breakage especially with dead fir trees. This slowed the production of pulpwood but left more residue for fuelwood. As the Hahn proceeded from pile to pile, the residue was placed in rows along the shoulder. Hardwoods (mainly birch) and trees too small for processing were also placed in the rows.

At the planning stages of these trials, concern was expressed that recovering hardwoods and separating them at the processing stage would seriously interfere with pulpwood production. Unfortunately the percentage of hardwoods was quite low on the trial blocks so that it was not possible to fully evaluate the effects of this interference. However with the limited experience that was available, it does not appear that this should be a major concern. As hardwood component increases, there will be some negative effects on pulpwood production and positive effects on fuelwood production. Longer trials on a variety of sites are necessary to quantify these assumptions.

Although trees were delivered to roadside free of contamination (Photo 20), there was some contamination of residue at the processing stage. This occurred as trees were being fed through the delimbing knives. (Photo 22). During this process, the overhung tops came in contact with the roadbed and picked up grit and gravel. On wet days the problem was multiplied. After a time, contamination decreased as debris from the shear and delimbing knives provided ground cover. There was also potential contamination when residue is close to the ground and the grab occasionally picks up rocks and gravel. Another source of contamination was from dust drift. Residue left for a period of time could exhibit abrasive characteristics which adversely affected chipper knives.

8.2.2 Cont'd.

There were a number of other points related to the processing phase, such as frequent breakage in dead fir and fibre loss as a result of processing eight foot lengths instead of four foot lengths. These losses are related to pulpwood loss but actually increase residues for fuelwood. Although breakage of dead fir increases due to entrappment in the piles and the mechanical nature of the system, breakage is partly due to loss of moisture and decrease in resiliency of the diseased, dead wood. This loss for fibre production may be beneficial from the perspective of paper quality although it does increase pulpwood costs. The loss of pulpwood in tops that were left because the upper end is too small in diameter is common to all eight foot pulpwood operations. Thus tops which could produce a four foot length of pulpwood had to be left because the operation required an eight foot length of pulpwood. This however is a positive feature of the pulpwood - fuelwood system as at least the fibre is recovered for burning, instead of being wasted as is the case when only eight foot pulpwood is being harvested. Fibre losses also occur if two trees of different sizes are processed together. Operator care can minimize these losses.

The Hahn shortwood processor operated two eight-hour shifts but could not match the production of the Koehring Harvester. For a number of reasons, which will not be detailed, production was below what has been achieved with other units in other locations. Although the mismatch of production on these units is of concern when evaluating the total efficiency of the system, operating personnel believe production of the Hahn can be increased. Processing data for this unit can be seen in Table 9.

8.2.3 - *Chipping*

The chipping function of these trials was the key to whether or not limbs and tops from softwoods can be economically recovered as fuelwood. In Phase I, the key function was the recovery and transport of residual hardwoods to roadside. In Phase I, the chipping operation proved to have capacity well in excess of the rest of the system. In Phase II, the chipping operation set the rate at which biomass could be recovered and determined the economics of the process.

TABLE 9

SYSTEM ANALYSIS - PHASE II - SYSTEM II

TRIAL BLOCK

KOEHRING K3PF	Section A	Section B	TOTAL
Operating Period	Oct. 4-13/82	Oct. 14-20/82	Oct. 4-20/82
Stand Area	19 acres	15.1 acres	34.1 acres
Shifts worked	15	9	24
Loads produced	77	47	124
Merchantable Trees	9,749	6,626	16,375
Productive hours	101	65	166
Cords produced	417.5	345.5	763
Cords/Acre	22.0	22.9	22.4
Trees/Cord	23.4	19.2	21.5
Cords/Koehring load	5.4	7.4	6.2
Cords/shift (8 hrs.)	27.8	38.4	31.8
Cords/day (2 shifts)	55.6	76.8	63.6
HAHN PROCESSOR			
Operating period	Oct. 4-15/82	Oct. 15-25/82	Oct. 4-25/82
Shifts worked	18	15	33
Cords produced	417.5	345.5	763
Productive hours	128	90	218
Cords/shift (8 hrs.)	23.2	23.0	23.1
Cords/day (2 shifts)	46.4	46.0	46.2
BRUKS 1000 CT			
Operating period	-	-	Oct. 14-19/82
Shifts worked	16	12	28
Containers produced	40	31	71
Tons produced	213.2	165-2	378.4
Productive hours	49	42	91
Koehring loads/container	1.9	1.5	1.7
Tons/acre	11.2	11.0	11.1
Containers/acre	2.1	2.1	2.1
Tons/day (1 shift)	13.3	13.8	13.5

8.2.3 Cont'd.

The chipper selected for these trials was a Bruks 1000 ct. (Photo 28). The chipper was mounted on a low bed trailer and was hauled by a Mack truck. (Photo 24). Unfortunately the system had limited mobility due to ground conditions and weight distribution. This is especially true when containers were partly loaded. In most cases, a skidder or tractor was required to move the system. In addition to the chipper (7), Fig. 7, the mobile unit contained a grapple loader (5), and a chip container (10). Other parts are shown in Fig. 7.

The initial trial period was used to familarize the operator with the new techniques and to work out the bugs in the system. During this period, there were a number of mechanical problems which included the following:

- mechanical problems with the Mack truck
- frequent breaking of the swing chain on the loader
- leaking and breaking hydraulic hoses

Because of these difficulties and the experience gained in the initial trials, it was decided on October 1, 1982 to remove the unit from operation. It was forwarded to Brake's Cove Repair Shop at Corner Brook for repairs and alterations and re-arrangement of the loader and boom. This was to prove satisfactory and increased the range of the grapple and reduced the number of times the system had to be moved. The system went back into operation on October 14th. Prior to October 1st, the system had not been working in close proximity to the Koehring and Hahn but was picking up residues left by the Hahn during the winter and early summer of 1982. After October 14th, the chipping unit began chipping residues left from trial blocks A & B as noted under the harvesting section.

The chipper proceeded behind the Hahn processor. Before the chipping rig could begin, the working area had to be cleaned up behind the Hahn by a tractor. This was necessary because the length (18 meters) and weight distribution of the rig made mobility on the off-road site very difficult. The services of a skidder or tractor was also required for road preparation and for snow clearing towards the end of the trial.

8.2.3 Cont'd.

The Bruks 1000 ct is a drum type chipper, (Photo 28), with special infeed features to handle the softwood limbs and tops. Although the infeed system, (Photo 25, 26 & 27), was disappointing with regard to production rates, this chipper appears to be one of the best on the market to cope with the extremely difficult raw material to be processed. If biomass harvesting of softwood limbs and tops is to become economical in this part of the world, then improvements to the infeed mechanism are of the highest priority. Production rates can only be increased significantly if the grapple, (Photo 24 & 25), is used to pick up material and drop it into the infeed conveyor and then immediately return to pick up more material. At present too much time is lost because the grapple is trying to assist the infeed mechanism to feed material to the chipper. (Photo 27). The actual chipping time is about one half the actual load time. The higher the proportion of tops and broken stems, the greater the capacity of the chipper. This material feeds more easily into the chipper as well as having a higher weight per volume when compared with limbs.

Two other factors significantly influencing chipper production were rig mobility and container transfer. The chipper rig with the container mounted in the carrying rack was 18 meters long. (Photo 24). A lot of space was required to manoeuver the rig into a chipping position. With a container partially loaded, the weight was concentrated on the rear trailer axles. This rendered the drive axles of the truck practically frictionless. Even with a skidder on stand-by, there were times when a tractor was required to unstick the rig. During wet weather, water mixed well with the loomy soil to produce a "muck" that provided no traction.

Box transfer also proved to be very inefficient. It was not uncommon to be waiting one hour for a truck after a box had been loaded. With a truck on stand-by, it still required 20 - 30 minutes to transfer boxes. Often transfer was hampered by the tilt of the lowbed trailer, muddy conditions or debris from the chipper infeed chains.

8.2.3 Cont'd.

Having one truck to transfer a box was a slow process. When the truck arrived with an empty container, it had to be immediately off-loaded on the ground. The full container on the trailer rack was then off-loaded and the empty container picked up and loaded on the trailer rack. The chipper was again ready for production but the truck had to once again pick up the full container before it could be transferred to Corner Brook. In the Phase I trials, the chip loading time was so short (11 minutes) that a minimum of chip transport time was lost by keeping the container always mounted on the truck. In Phase II because of the longer chip loading time, it was necessary to separate the container from the truck to mazimize the time a truck is transporting chips. However, it is obvious from the above procedure that the alternative is not effective and some other system to speed up container transfer or a new approach is required.

If the chipper rig could be made more mobile and include a self-dumping container, it might be possible to eliminate much of the lost time involved in the above two items. These features, with an improved infeed, are the major areas for increasing the production from the chipping stage of the system.

With the chipper rig in position and a good supply of residue on hand, a container could be loaded in about one hour and fifteen minutes. The actual chipping time was about one half the load time. The remainder of the time was to pick up residue and get it to feed properly into the machine.

Contaminated material was rejected if noted by the operator in an attempt to protect the knives and prolong the time between knife changes. It took from 20 to 30 minutes to change a set of knives. Approximately four to eight containers of chips could be processed between knife changes. Of the original supply of six sets of knives, only 3½ sets were left at the end of the trial. Two and one half sets were damaged beyond repair by debris and rocks and the remaining knives were reduced as a result of grinding so that it was more difficult to set up the knives in the chipper. This indicates severe knife usage when it is considered that less than 700 tons of biomass were produced.

8.2.3 Cont'd.

Other problems as a result of wear and tear or contamination were:

- broken main pin in the boom of loader
- water and dirt in the fuel
- shortage of sharp knives
- engine overheating

Another factor which slowed production was the fuel-up time. In some cases, the chipper ended up working between the pulpwood and the residue, (Fig. 7). Because of this, it was impractical to move the chipping rig to the fuel so the fuel had to be moved to the chipper by drums. Even when travel to fuel was practical, it required travelling up to a mile beyond the fuel depot to get turn around space. Since the chipper could be fed from one side only, the rig had to again travel extra distance on its return to the chipping site to find turn around space so it could be properly positioned.

Various attempts were made to fill the 8'x8'x20' containers to capacity but this was not always possible. Doors were altered, a baffle was tried at the end of the blower shoot, but still it was not possible to completely fill the containers. One of the restrictions of this particular chipper is the low velocity of material leaving the blower chute. If larger sized containers were used, an auxiliary blower would be necessary to give the required velocity. The manufacturers will provide this addition if required. The blower was also hampered by improper box tilt or by extremely wet or dirty residues. On average, containers were 85% full.

A short trial was made feeding only white birch to the chipper. This trial pointed to a number of problem areas. The infeed drum had difficulty with the whole tree when crown branching existed. Continuous chipping of birch appeared to slow down and labour the chipper. These conditions existed even though the birch was small (4 to 8 inches). This could presumably be corrected by installing higher H.P. drives which are available from the manufacturer.

8.2.3 Cont'd.

The key to success with processing limbs and tops is the rate at which material can be fed to the chipper, or use of other equipment (shredder, etc.) to reduce the material to a size suitable for handling and burning. A machine designed to accept material from the top where gravity can asset the feed may have some possibilities. A chipper may not be the best equipment for reducing the size of limbs and tops. Something less sensitive to foreign material would be preferrable. In designing for top loading, the height of opening must not be too high or it will complicate and restrict the effectiveness of a conventional grapple. Although others may have more success with a similar system, we believe new approaches are necessary if recovery of limbs and tops as a source of solid fuel is to gain wider acceptance.

Photo 1 -

Photo 2 -

hoto 1 - SYSTEM I

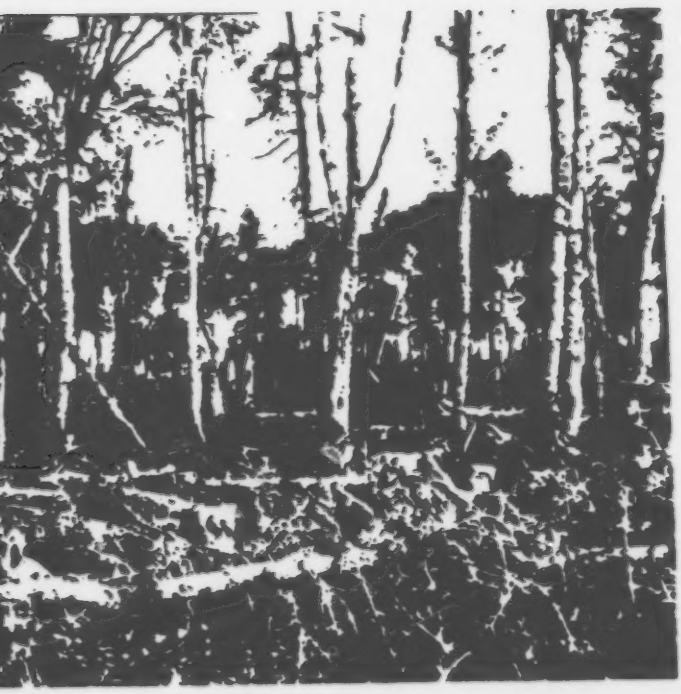


Photo 2 - SYSTEM I

Photo 3 - *SYSTEM I*

Photo 4 - *SYSTEM I*

Photo 5 - SYSTEM I

Photo 6 - SYSTEM I

Photo 7 - SYSTEM I

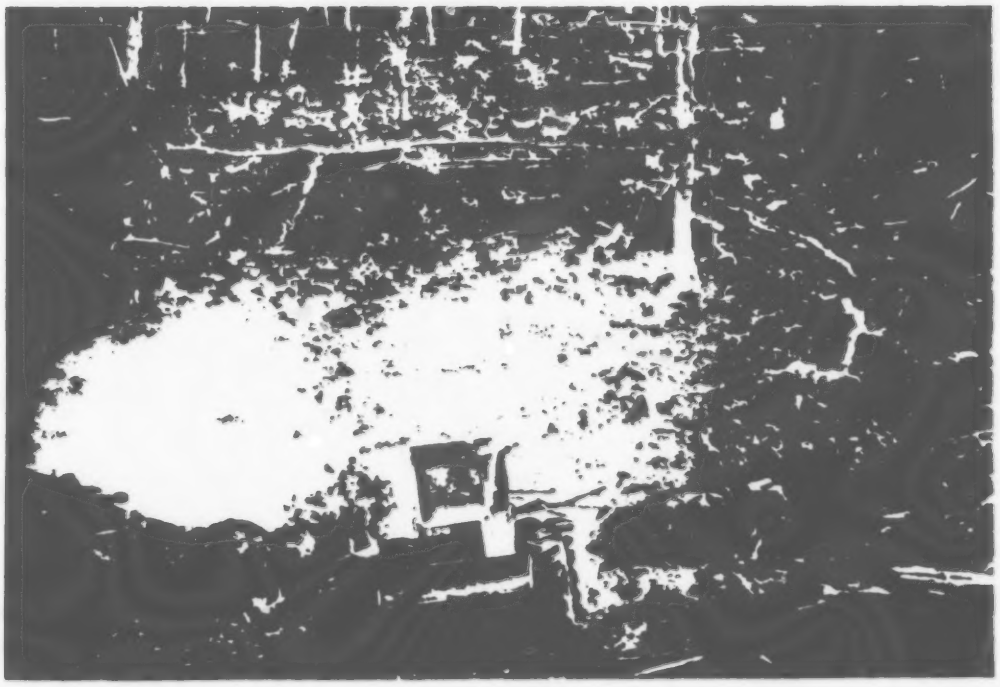


Photo 8 - SYSTEM I

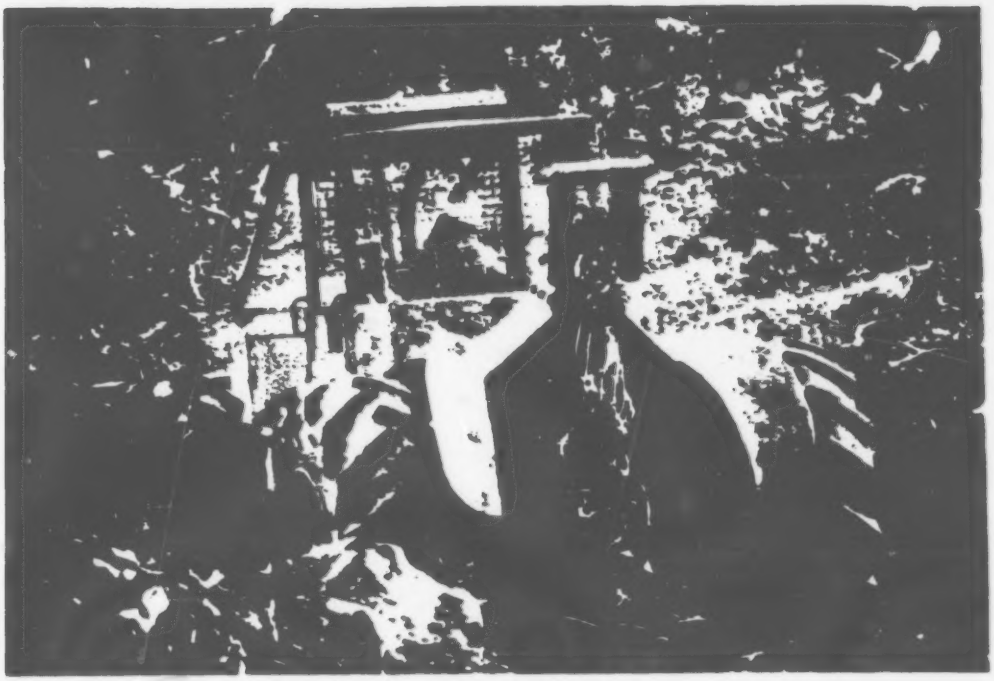


Photo 9 - SYSTEM I

Photo 10 - SYSTEM I

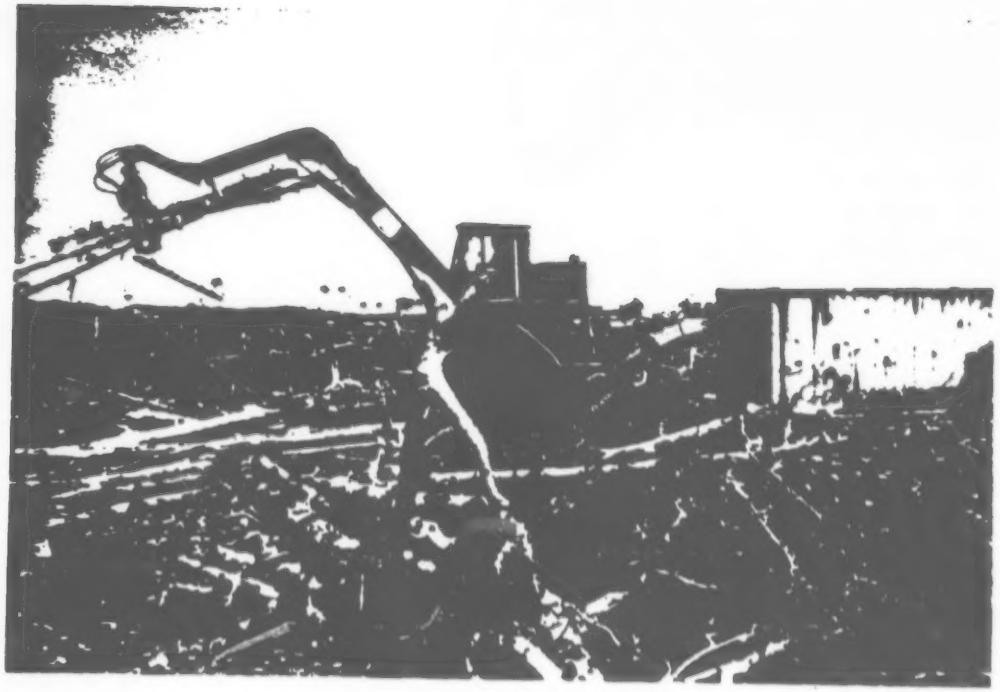


Photo 11 - *SYSTEM I*

Photo 12 - *SYSTEM I*

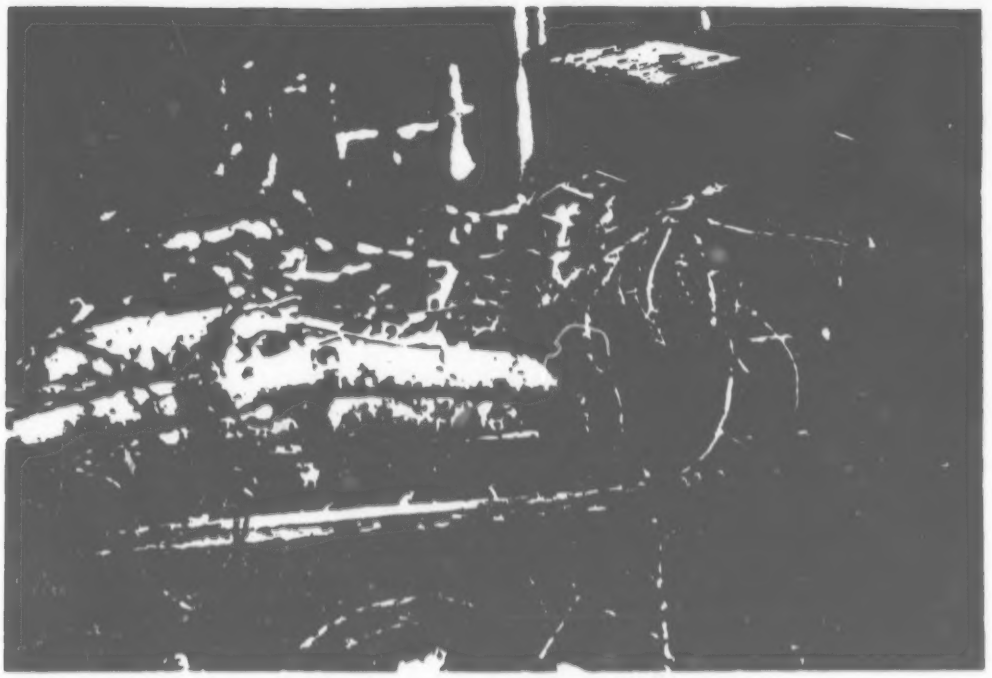


Photo 13 - SYSTEM I

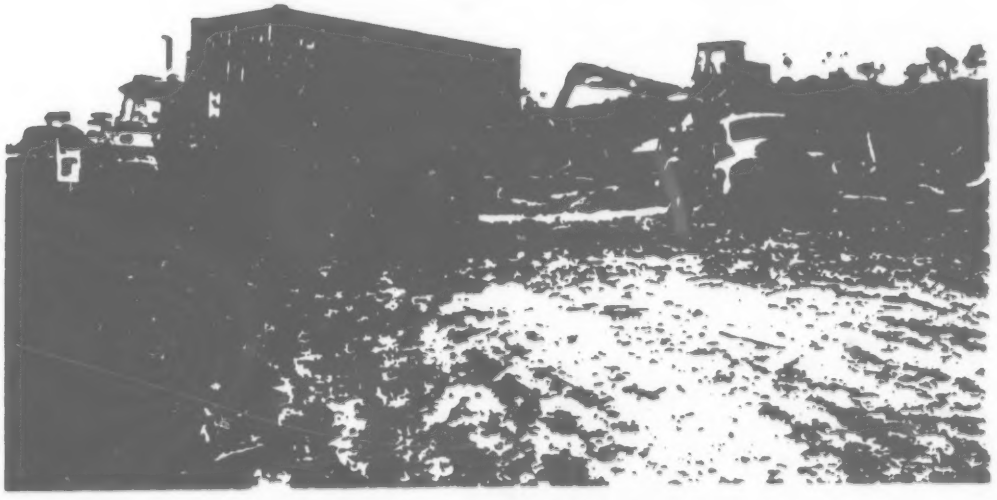


Photo 14 - SYSTEM I

Photo 15 - *SYSTEM I*

Photo 16 - SYSTEM II

Photo 17 - SYSTEM II

Photo 18 - *SYSTEM II*

Photo 19 - *SYSTEM II*

Photo 20 - SYSTEM II

Photo 21 - SYSTEM II

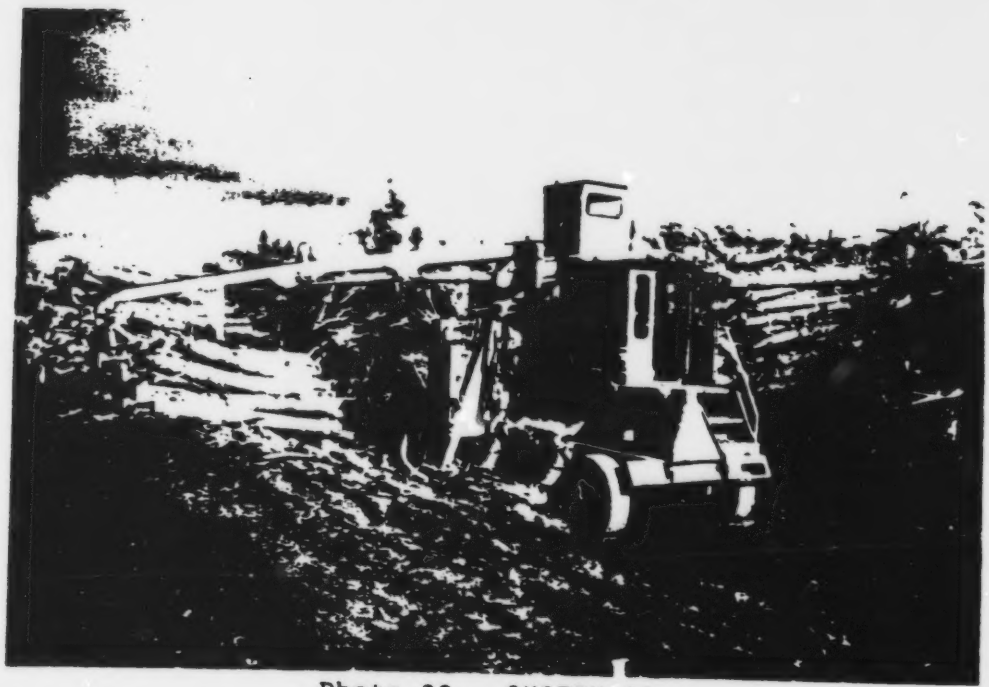


Photo 22 - *SYSTEM II*

Photo 23 - *SYSTEM II*

Photo 24 - *SYSTEM II*

Photo 25 - *SYSTEM II*

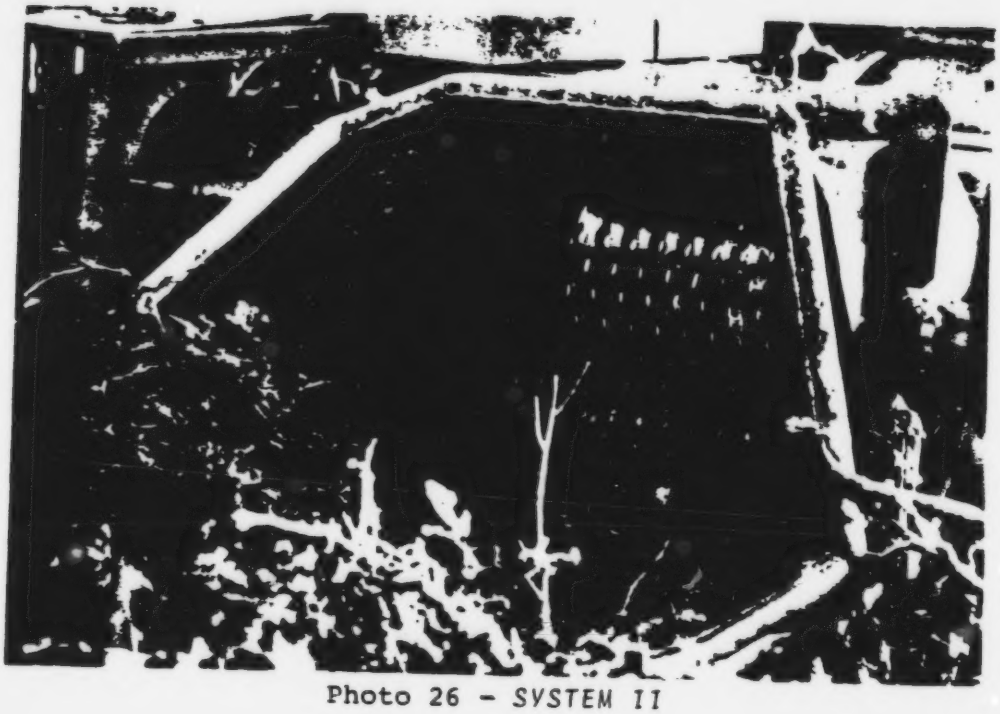


Photo 26 - *SYSTEM II*

Photo 27 - *SYSTEM II*

Photo 28 - *SYSTEM II*

Photo 29 - *SYSTEM II*

9.0 TRANSPORTATION & DISTRIBUTION SYSTEM

In designing the trial systems for burning of forest biomass, one of the objectives was to utilize existing systems where possible and avoid large capital expenditures that could prove obsolete if the trials were unsuccessful. In this connection, the transportation system chosen was a modification of an existing system used to transport pulpwood from the same general area. Pallet trucks (photo 14) were used to transport chips from the chipper by adding second-hand freight containers measuring 20' x 8' x 8'. Although the capacity of these units was low, they had the advantage of being suitable for the steep roads and their self dumping feature required no assistance or special unloading facilities at the mill site.

9.1 - *PHASE 1 - SYSTEM 1*

In this system, trucks backed up to the chipper with the container in place and chips were blown into the container (Photo 11). The time required to load a container ranged from 6 to 11 minutes. Because of the relatively short loading time, there was no advantage in having spare containers located at the chipper site for loading when no trucks were available. More time is lost in unloading and picking up containers than is required to fill the containers directly from the chipper. Unfortunately, because of highway weight restrictions, it was not possible to completely fill the containers so that theorically it was possible to add 10%-15% more material if this restriction did not exist. The rate of production of the complete system was geared to boiler capacity and not chipper production or transportation facilities. This was not strictly true for the summer of 1982 when production was curtailed because only two trucks were operating most of the time. This again was indirectly tied to mill conditions as the uncertainty resulting from mill downtime made it difficult to commit to truckers the volumes to be produced which in turn made it impossible for a trucker to make the commitment required to finance his operation.

An individual truck could transport three and sometimes four loads per day from the harvesting site located approximately 45 km from the mill. Trucks were weighed at the Department of Highways weigh scales on their way to the mill and checked through the Mill Yard scaling station for record purposes.

9.2 - PHASE II - SYSTEM II

The trucking unit and container used to transport the chipped material for Phase II was identical to that used in Phase I. However, because of the longer loading time (75 mins.), it was necessary to separate the container and mobile unit during the chipping-loading stage. As previously noted, this in turn created other problems which made the transportation system for Phase II less efficient than a similar system for Phase I. Having the container mounted on the chipping rig decreased the mobility of the chipper but reduced stand-by time for the trucks. However, the system as operated was not satisfactory. What may be needed is a smaller self-dumping container, integral with the chipper that will be used to fill larger containers which are a part of the trucking system. Whatever the system, the chipper needs to be more mobile and because of the low chipper production, the containers to be trucked must be separated from the trucking rig if stand-by time is to be reduced.

Larger containers for trucking are a must as the low bulk density of the material being chipped makes the payload for smaller containers uneconomical. The same containers which carried 9.6 green tons in the Phase I trials could only carry 5.3 green tons in the Phase II trials.

Because of the problems associated with achieving an adequate production level, it was difficult to structure an appropriate trucking system. Since the same trucking units were used for pulpwood and chips, integration of the chip-pulpwood transportation systems was possible. However, the chip transport suffered at the expense of pulpwood. Trips were also made after regular hours so that an empty container was available for start-up each morning. A round trip from chipper site to Corner Brook required 2 - 2¼ hours.

Based on chipper production, the truck requirements would have been best suited to one and one half trucks. To provide extra trucking was an unjustified expense under the chipper production rates experienced so that this aspect of the trial was less than satisfactory and overall contributed to the low production of the system.

9.3 - GENERAL

Trucks arriving at the mill both for the Phase I and Phase II systems, dumped their loads on a concrete

pad, adjacent to an existing infeed bark handling facility. This facility is capable of receiving bark or wood chips in an outside storage area and metering the material to conveyors. The extraction and metering device is called a Wennberg parascrew. It consists of a rotating screw travelling along the ground parallel with the axis of rotation and feeding material as required towards one end of the screw where it is deposited on a conveyor belt. The quantity of material is controlled by the speed of the screw. The conveyors deliver the bark and wood chips to a Holmes feeder and blower which transports the mixture a distance of 400' to storage bins above Nos. 1 & 2 boilers.

The storage is a live bottom bin which consists of a series of screws which deliver the solid fuel to the downspouts where it falls by gravity unto the sloping grate of the furnace. The feeding of bark in this manner is less than satisfactory as there is a tendency for the bark to bridge and honeycomb so that delivery of materials is not uniform and boiler operation and efficiency is adversely affected. When chips are mixed with bark, the mixture feeds better, but still does not provide the uninterrupted feeding that is necessary to realize the full boiler potential.

In general, the introduction of chips into the existing bark handling system did not present any problems and did not require any new materials handling equipment. The system handled the additional 80 tons/day of chips along with the regular 310 tons/day of bark. Steam Plant personnel were firm supporters of the new wood chip fuel as it improved the operation of the two bark burning boilers.

10.0 RESULTS OF TRIAL

In this section, the results of the trials are reported to show the productive capacity of the systems under winter and summer conditions and to assess the cost of producing fuel from the forest. The oil equivalent value of the material is also determined.

Detailed cost and production data were recorded for each part of the harvesting, chipping and transportation operations. Weekly and monthly summaries of the data were reported as shown in Tables 10, 11 and 12.

Burning tests were carried out to provide a basis for estimating the oil equivalent value of the chips. These tests were only partly successful. A better estimation of the value of forest biomass was obtained from a comparison of records prior to burning chips, with the two-year period when chips were utilized.

Results are presented for biomass production and cost at each of five sites. Although production data is comparable between sites, cost data is not comparable. Costs are in 1981, 1982 and 1983 dollars, depending on the time of the trials and fixed costs and start-up costs are not always comparable between sites. Site costs are a guide and are generally higher than can be expected for an ongoing operation because of fewer operating days, high rental costs and other factors.

In Section 10.5, a more useful analysis of costs is presented and projected costs are more meaningful in the context of an ongoing operation.

The five sites for which production and cost data are recorded are as follows:

Site 1 - Phase I - System I - Summer/Fall Operation 1981

Site 2 - Phase I - System I - Winter Operation 1982

Site 3 - Phase I - System I - Summer/Fall Operation 1981

Site 4 - Phase I - System I - Winter Operation 1983

Site 5 - Phase II - System II - Summer/Fall Operation 1982

TABLE 10

POWATER NEWFOUNDLAND LIMITED

ENERGY FROM WOOD FIBRE - WEEKLY PRODUCTION SUMMARY

PERIOD Aug. 23 - 29, 1981

	PERIOD	7054 SKIDDER	7055 SKIDDER	7056 SKIDDER	SKIDDER TOTAL	7781 CHIPPER TOTAL
Scheduled Mach. Hours	This Week	40.0	40.0	40.0	120.0	44.0
	To Date	200.0	232.0	304.0	736.0	319.5
Available Mach. Hours	This Week	40.0	40.0	40.0	120.0	36.75
	To Date	200.0	232.0	302.0	734.0	274.25
Availability	This Week	100%	100%	100%	100%	84%
	To Date	100%	100%	99%	100%	86%
Productive Mach. Hours	This Week	40.0	40.0	40.0	120.0	23.0
	To Date	200.0	230.0	296.0	726.0	123.0
Utilization	This Week	100%	100%	100%	100%	52%
	To Date	100%	99%	97%	99%	39%
Tons Produced	This Week	224.8	195.5	201.0	621.3	621.3
	To Date	955.3	973.5	1310.0	3239.7	3239.7
Tons X Sched. Mach. Hours	This Week	1798.4	1564.0	1608.0	4970.4	5452.2
	To Date	7642.4	7787.6	10487.2	25917.2	26904.9
Tons/Day	This Week	45.0	39.1	40.2	41.4	123.9
	To Date	38.2	33.6	34.5	35.2	84.2
Tons/AMH	This Week	5.6	4.9	5.0	5.2	16.9
	To Date	4.8	4.2	4.3	4.4	11.8
Tons/PMH	This Week	5.6	4.9	5.0	5.2	27.0
	To Date	4.8	4.2	4.4	4.5	26.3
Truck Loads Produced	This Week					66.0
	To Date					339.0
Truck Loads X SMH	This Week					580.0
	To Date					2874.9
Truck Loads Per Day	This Week					13.2
	To Date					8.9
Truck Loads Per AMH	This Week					1.8
	To Date					1.2
Truck Loads Per PMH	This Week					2.9
	To Date					2.8
Tons Per	This Week					9.4
	To Date					9.6

TABLE 11

BOWATER NEWFOUNDLAND LIMITED

ENERGY FROM WOOD FIBRE - MONTHLY PRODUCTION SUMMARY

PERIOD Sept. 27 - Oct. 31, 1981

	PERIOD	7054 SKIDDER	7055 SKIDDER	7056 SKIDDER	SKIDDER TOTAL	7781 CHIPPER TOTAL
Scheduled Mach. Hours	This Month	200.0	200.0	200.0	600.0	221.5
	To Date	552.0	584.0	656.0	1792.0	710.0
Available Mach. Hours	This Month	199.0	194.0	200.0	593.0	195.75
	To Date	539.0	578.0	654.0	1771.0	610.25
Availability	This Month	100%	97%	100%	99%	87%
	To Date	97%	99%	100%	99%	86%
Productive Mach. Hours	This Month	194.0	188.0	196.0	578.0	98.0
	To Date	533.0	569.0	644.0	1746.0	297.0
Utilization	This Month	97%	94%	98%	96%	44%
	To Date	97%	97%	98%	97%	42%
Tons Produced	This Month	809.1	831.7	841.6	2482.4	2482.4
	To Date	2447.3	2517.5	2871.7	7836.5	7836.5
Tons X Sched. Mach. Hours	This Month	6472.8	6653.0	6732.8	19859.2	24679.7
	To Date	19578.4	20139.6	22973.6	62691.6	70626.8
Tons/Day	This Month	32.4	33.3	33.7	33.1	111.4
	To Date	35.5	34.5	35.0	35.0	99.5
Tons/AMH	This Month	4.1	4.3	4.2	4.2	13.0
	To Date	4.5	4.4	4.4	4.4	12.8
Tons/PMH	This Month	4.2	4.4	4.3	4.3	25.3
	To Date	4.6	4.4	4.5	4.5	26.4
Truck Loads Produced	This Month					258.0
	To Date					817.0
Truck Loads X SMH	This Month					2231.0
	To Date					7059.9
Truck Loads Per Day	This Month					10.1
	To Date					9.9
Truck Loads Per AMH	This Month					1.4
	To Date					1.3
Truck Loads Per PMH	This Month					2.6
	To Date					2.8
Tons Per Truck Loads	This Month					9.6
	To Date					9.6

TABLE 12 BOWATER NEWFOUNDLAND LIMITED

ENERGY FROM WOOD FIBRE - WEEKLY CHIPPER PRODUCTIVITY

PERIOD Aug. 23 - 29, 1981 MACHINE NO. 7781

			DATE	S	M	T	W	T	F	S	TOTAL
Sched. Mach. Hours					9.0	8.0	8.0	11.0	8.0		44.0
AVAILABLE MACHINE HOURS	Productive Mach. Hours				5.0	6.0	4.0	4.0	4.0		23.0
	Non-Mech. Delay	Operation Delay			2.5	1.5	3.5	2.75	3.5		13.75
		Personnel Delay									
		In-Shift Moving									
	Total				7.5	7.5	7.5	6.75	7.5		36.75
DOWN TIME	IN-SHIFT	Active Repair			0.25			2.0			2.25
		Waiting Repair			0.25						0.25
		Waiting Parts									
		Knife Change			0.75	0.5	0.5	0.25	0.5		2.5
		Service			0.25						0.25
	OUT-OF-SHIFT	Active Repair						2.0			2.0
		Knife Change									
		Service									
	Total				1.5	0.5	0.5	4.25	0.5		7.25
PRODUCTION	Tons				120.9	165.6	114.5	120.3	100.0		621.3
	Tons X SMH				1088.1	1324.8	916.0	1323.3	800.0		5452.2
	Tons/Day				120.9	165.6	114.5	120.3	100.0		123.9
	Tons/AMH				16.1	22.1	15.3	17.8	13.3		16.9
	Tons/PMH				24.2	27.6	28.6	30.1	25.0		27.6
	Truck Loads				13.0	17.0	12.0	13.0	11.0		66.0
	Tons/Load				9.3	9.7	9.5	9.2	9.1		9.4
	Loads X SMH				117.0	136.0	96.0	143.0	88.0		580.0
	Loads/Day				13.0	17.0	12.0	13.0	11.0		13.2
	Loads/AMH				1.7	2.3	1.6	1.9	1.5		1.8
	Loads/PMH				2.6	2.8	1.0	1.2	2.8		2.3

10.1 - PRODUCTION - PHASE I - SYSTEM 1

10.1.1 - Production - Site 1

This represents the initial trials by Bowater to produce forest biomass as an alternative source of fuel to replace Bunker "C". The trial period was from July 5th, 1981 to November 15th, 1981 and a progress report on this trial was published in June 1982 as ENFOR Project P-191.

The trial started slowly as equipment was set up and operators became familiar with new equipment, and new techniques were developed and assessed. The system started with only one skidder supplying the chipper. A second skidder was added after the second week and by the fifth week, the system was operating at the capacity that could be attained with three skidders. It was not possible to increase capacity of the system by adding more skidders as there was a limitation on the amount of solid fuel that the Mill boilers could use. The phased start-up gave Woods and Mill personnel an opportunity to gain experience in the harvesting, chipping, delivering and burning of new fuel. With all equipment operating after the fifth week, production was as high as at any time during the trial. Production remained relatively steady until the eleventh week when production was reduced because adequate trucking capacity was not available. With three trucks available after the fourteenth week, the system increased production but did not quite reach the high productions of August because of wet weather conditions. The project shut down on November 15th which coincided with the regular fall shut down of Woods operations. A total of 8991.5 tons was produced at Site 1.

TABLE 13 - Production - Site 1

Date	Green Tons
July 5 - 11	74.4
July 12 - 18	232.5
July 19 - 25	287.9
July 26 - Aug. 1	413.8
Aug. 2 - 8	431.6
Aug. 9 - 15	513.8
Aug. 16 - 22	664.4
Aug. 23 - 29	621.3
Aug. 30 - Sept. 5	655.3
Sept. 6 - 12	436.4 (4 days - Labour Day Shut)

TABLE 13 Cont'd.

Date	Green Tons
Sept. 13 - 19	596.2
Sept. 20 - 26	426.5
Sept. 27 - Oct. 3	390.9
Oct. 4 - 10	431.0
Oct. 11 - 17	589.3
Oct. 18 - 24	630.3
Oct. 25 - 31	440.9
Nov. 1 - 7	537.2
Nov. 8 - 14	569.8
Nov. 15 - 21	48.0 (1 day)
TOTAL	8991.5 TONS

An analysis of the production data in Table 13 indicates the following:

TABLE 13A

1. Average for 19 week period (includes start-up and periods when equipment not operating) - 473 tons/wk. - 94.6 T/D
2. Best 10 Weeks (all equipment operating) - 592 tons/wk. - 118.4 T/D
3. Best 4 Weeks - 643 tons/wk. - 128.6 T/D
4. Projected production (5 skidders and utilizing full chipper capacity) - 985 tons/wk. - 197.0 T/D

The ten week operating period, producing at a rate of 118.4 tons/day, is representative of what could be done on a permanent basis operating with 3 skidders. Since the capacity of the chipper was utilized less than 50% of the time, production could be further increased by adding additional skidders. The limitation on production, at present, is the capacity of the boilers to burn the additional fuel, without serious air pollution problems. This limitation is at about 86 tons per Mill day (7 day week) or 120 tons per woods day (5 day week). To utilize the full potential of the chipping system, at least two additional skidders could be added and production increased to 197 T/D.

Increasing production to 197 T/D significantly reduces the cost of biomass. However, to take advantage of this increased production may require a new wood burning boiler.

The uptime on equipment was particularly good and low production for nine weeks of the trial was related to the five week start-up procedure and the loss of one third of trucking facilities for a four week period. Loss of production for equipment failures was negligible.

At present, the existing boilers cannot burn the increased production from the chipper without unacceptable air pollution. Therefore, in the case of the Corner Brook Mill, these savings cannot be realized unless a new boiler is installed or modifications to existing boilers allow increased burning of this fuel.

10.1.2 - *Production - Site 2*

This trial was the first under winter conditions and as noted earlier a winter operation can only be carried out in pure hardwood stands. The trial lasted from January 4th, 1982 to March 19th, 1982. The winter of 1982 was one of the severest on record and adversely affected both fuelwood and pulpwood production.

The equipment used was similar to the summer operation with the three skidders supplying the chipper. An additional piece of equipment required for winter conditions is a tractor to keep skidder roads clear and to remove snow from the chipper landing. Again chip transport was not always available and production suffered as a result. Other interferences to production were stormy weather and one day when operations were shut completely. During the period, the system operated for 49 days and produced 3721 green tons of hardwood chips.

TABLE 14 - *Production - Site 2*

Date	*Green Tons*	*Remarks*
1982		
Jan 4 - 9	218.2	Trucks towed on side roads - poor conditions. Start-up.
Jan 11 - 16	421.5	
Jan 18 - 23	237.0	Deep snow. Only 2 trucks. Tractor only for one day. Operated only 4 days.

TABLE 14 Cont'd

Date	Green Tons	Remarks
1982		
Jan 25 - 29	487.1	Tractor two days.
Feb 1 - 5	414.7	
Feb 7 - 13	340.3	
Feb 15 - 19	419.0	
Feb 22 - 26	311.5	Two trucks.
Mar 1 - 5	327.7	Chipper down one day.
Mar 8 - 12	132.4	Chipping only to clean up for shutdown.
Mar 15 - 19	3721.4	

Cords per skidder day - 13.4
Operating days - 49
Tons/Day - 75.9
Best five weeks - 86.1 tons/day

Production at this site was hampered by severe winter weather, deep snow, a tractor being available only part time and not sufficient trucking facilities. However, enough information was gained under winter conditions to conclude that winter harvesting of forest biomass is a viable operation in pure hardwood stands.

10.1.3 - *Production - Site 3*

This was a summer/fall operation using the same equipment as for sites 1 & 2. Site 3 was in the same general area as Site 1. The harvesting method was also similar to Site 1 and consisted of removing residuals (mostly hardwoods) left after pulpwood harvesting. The operation got off to a slow start due to lack of trucking facilities and this deficiency was to hamper production at Site 3 for most of the period. Mill shuts required the operation to close down for three weeks in August. This and the uncertainty of future mill shuts made it impossible to make the necessary commitments to truckers to finance the necessary equipment. The very nature of the operation which was designated "trials" made it difficult to commit to adequate trucking facilities. This was partly offset by trying to integrate trucking of pulpwood and chips as the same motive equipment was used for both operations. However, in most cases the chip operation came second to the pulpwood operation and hence production suffered. As production decreases, costs increase and this is mainly the

reason for the increased costs when comparing Site 1 and Site 3. Confidence in the method of harvesting was not affected and there were no experiences at Site 3 to change the conclusions reached at Site 1 that costs could significantly be reduced for an ongoing operation by increasing production with additional skidders and trucks. Because of limitations at the mill in burning solid fuel, the real productive capacity of the system could not be tested. However, as later shown at Site 4, chipper capacity is much above what these trials have been able to achieve and increased production and cost reduction is possible.

TABLE 15 - *Production - Site 3*

Date	*Green Tons*	*Remarks*
1982		
June 14 - 19	318.3	Short of trucks.
June 21 - 25	376.0	Short of trucks.
June 29 - July 2	256.3	4 operating days - short of trucks.
July 4 - 9	494.9	
July 12 - 16	493.7	
July 19 - 23	490.0	
July 26 - 30	400.0	Weather poor.
July 20 - Aug 22	0.0	System shut - Mill not operating.
Aug 23 - 27	406.3	Weather poor.
Aug 30 - Sept 3	562.2	
Sept 7 - 10	354.0	4 operating days.
Sept 13 - 17	408.5	Short of trucks.
Sept 20 - 24	371.0	Short of trucks.
Sept 27 - Oct 1	472.8	Short of trucks
Oct 4 - 8	445.0	Reduced skidders from 3 to 2
Oct 11 - 15	326.3	Reduced skidders from 3 to 2 and worked 3½ days.
Total	6175.3	

In this trial, the lack of trucking facilities adversely affected skidder production as two skidders during the last two weeks of the trial produced almost as much as the three skidders previously. In the trial at Site 1, trucking also adversely affected production rates but to a lesser extent. The true productive capacity of both skidders and the chipper was not fully utilized in these trials and holds the potential for further cost reductions.

10.1.4 - *Production - Site 4*

This was a winter operation in a pure hardwood stand. It was one of the most successful operating periods during the two years of trials. Unfortunately, because of mill shuts, the operating period was brief, but it did show some of the potential of the system. During this period the system operated with five skidders instead of two or three as previously. As noted earlier the production from the system is dictated by the ability of the mill to consume the fuelwood provided. For this brief period, it was possible to increase production by taking advantage of the storage facilities at the mill. Using five skidders, production was in the 165 - 175 ton per day range. At these production rates, the chipper was utilized only 60% of the time and the logistics of tree delivery to the chipper ran smoothly. The chipper is capable of handling additional skidders and increased production.

It is the general opinion that at least two more skidders (7 total) could be added to the system without interference to the productivity of individual skidders. At existing rates, this would give productions in the range of 250 tons/day. The chipper is the most productive unit in the system and with a continuous supply of wood and adequate transportation facilities, production from this unit is in excess of the 250 ton/day noted above. Unfortunately, because of the restrictions due to the ability to consume fuelwood, the full potential of the system has not been tested. However, the experience to date has provided the necessary confidence in the system to project production rates well in excess of those attained. Without existing restraints, production can be increased and costs reduced.

The winter of 1983 was ideal for both pulpwood and fuelwood production due to minimum snowfalls and fine weather. This contrasted to experience during the winter of 1982 when production was curtailed by approximately 25% due to record snowfalls and severe weather conditions. Both operations were in pure hardwood stands as it would be impactical to carry out a winter fuelwood operation in cutover stands as is the summer practice. The only additional equipment needed for winter operation is the services of a tractor for snow clearing.

As in all the trials, production was restricted somewhat by trucking facilities. To get maximum production it is necessary to have trucks waiting for the skidders and not vice-versa. Use of larger

trucks would improve this aspect but the proper balance of skidders and trucks is an important consideration for maximizing the economics of the total system.

TABLE 15A - *Production - Site 4*

Date	*Green Tons*	*Remarks*
Jan 20 & 21/83	288.5	2 operating days - 4 skidders
Jan 24 - 28/83	802.8	5 skidders.
Jan 31 - Feb 4/83	856.5	5 skidders.
Feb 7 - 11/83	709.9	4.2 operating days - 5 skidders
Feb 14 - 18/83	181.4	2 operating days - 2 skidders
Total	2839.1	

Avg. tons/day with 5 skidders operating - 166.8

10.2 - *PRODUCTION - PHASE II - SYSTEM II*

10-2-1 - *Production - Site 5*

Operation at this site was for an integrated pulpwood-fuelwood system and is designated as phase 2 of the trials. The initial trial was to evaluate the production potential of the chipper. The limbs and tops left as residue from the pulpwood operation have relatively low bulk densities and therefore present special problems with respect to chipper production.

At this stage, no attempt was made to integrate the chipper into the larger system which consisted of the Koehring Feller Forwarder and the Hahn processor. The aim was to develop a method of efficiently picking up these residues and feeding them into the chipper to achieve production rates which could make the system viable. Even under ideal conditions, production was low. A number of modifications were made to the system to try and improve production rates but without appreciable improvement. The average production for the sixty working days of the trial was only 11.6 tons/day. The maximum production achieved for the chipper was a rate of seven tons per hour. This compares with a maximum rate of 89 tons/hr. for the phase I chipper operation. This does not reflect the relative merits of the two chippers but accentuates the difference in the material being chipped.

Assuming that the chipper could be made more mobile and a more efficient transport system devised, it appears that the system would still be hard pressed to deliver 25-30 tons of biomass per eight hour day. Production would need to be in this range to keep up with the other components in the system. This assumes normal operation of one shift for the chipper and two shifts for the Hahn processor and Koehring Feller Forwarder.

To obtain more detailed information on the capacities of the three main basic pieces of equipment in the system, a trial block was harvested and processed for pulpwood and chips. Details of each phase of this operation were recorded and the results are presented in Table 9. The results confirmed previous experience that the Koehring Feller forwarder could harvest and deliver to roadside more trees than the Hahn could process. The Koehring delivered 32 cords per shift to roadside while the Hahn processed into pulpwood 23 cords per shift. This imbalance must be corrected and experience with the Hahn in other parts of our pulpwood operation suggests the Hahn should be able to overcome this deficit. During this trial there was no evidence to suggest that pulpwood production from the Hahn was adversely affected by having to recover residue for fuelwood. However, it should be noted that the hardwood component of the trial block was quite low and higher percentages of hardwood could adversely affect pulpwood recovery of both the Koehring and the Hahn.

On a per shift basis, the chipper could keep ahead of the Hahn and come close to keeping ahead of the Koehring. See Table 9 . However, since it is only practical to operate the chipper one shift while the other equipment operates two shifts, the chipper must double its production per shift if it is to be integrated into the total system. If some of the problems addressed under Section 8.2.3 can be solved, it should be possible to achieve this goal. However, our experience over a fairly lengthy period fell far short of the required chipper production rate necessary to completely integrate the system.

For the trial blocks A & B, a total of 378.4 tons of fuelwood was recovered. It is estimated that approximately 13% fuelwood material was either

left on the site or left at roadside. This does not include stumps. The recoverable biomass represents approximately 17% of the total fibre (pulpwood and fuelwood) on the original site. This appears to be low at 11 tons/acre when compared with biomass recovered from other sites. However, the sites are in no way comparable since two sites had large hardwood components and two sites were pure hardwood sites. One reason for the low biomass per acre can be attributed to loss of foilage as a result of budworm attack. Offsetting this, however, was a high proportion of roundwood from breakage and small diameter wood. Breakage was high due to the brittle nature of the wood as a result of budworm attack and to the method of harvesting. The Koehring can cause damage to small diameter wood due to size of the cutting head and the accumulating features of this unit. As a result of the above, it is difficult to assess whether this amount of biomass is representative of a large part of Bowater forest acreage. There appears to be significant variations as Site 1, which did not recover any limbs or tops from softwood, produced 21 tons/acre. Although it is difficult to make precise projections of available biomass, an average of the two sites indicates a potential of 320,000 tons of biomass as fuelwood for an annual pulpwood cut of 20,000 acres. Again, it must be stressed that this represents potential biomass and not biomass that can be economically recovered.

The nature of the material chipped (limbs and tops) proved to be lower in bulk density when compared with hardwood chips from Sites 1 to 4. The result was a significant reduction in the tons per container and this impacted adversely on transportation costs. It was expected that the lower tons per load would be partly offset by lower moisture which would compensate in part when compared on a fuel value basis. However, on the basis of limited testing, the biomass was only marginally lower in moisture.

One of the adverse features of the fuelwood from Site 5 was its variable nature in both weight and moisture content. This makes it difficult to assign fuel values to the material without costly testing of each load delivered. Material from Sites 1 to 4 were surprisingly uniform in this respect both from summer and winter operations.

TABLE 16

Date	Green Tons	Productive* Hours	Non Productive* Hours	Total* Hours	Remarks
July 27					Arrived at site
July 28-30	26.7	8	16	24	Start training
Aug 2-6					Mill shutdown
Aug 9-13					Mill shutdown
Aug 16-20					Mill shutdown
Aug 23-27	26.7	16	24	40	
Aug 30-Sept 3	42.6	19	21	40	
Sept 6-10	42.6	16	16	32	Labour Day
Sept 13-17	16.0	8	32	40	3 days-waiting on parts
Sept 20-24	32.0	18	22	40	1 day-waiting on parts
Sept 27-Oct 1	58.6	24	16	40	1 day-waiting on parts
Oct 1					Travel to Brakes Cove
Oct 4-12		0	56	56	Alterations
		START INTEGRATED TRIAL			
Oct 13-15	48.0	16	8	24	1 day-Electrical
Oct 18-22	80.0	26	14	40	
Oct 25-29	69.3	23	17	40	
Nov 1-5	74.5	28	12	40	
Nov 8-12	53.3	23	17	40	1 day-Mech.Down
Nov 15-19	53.3	25	15	40	
		FINISH INTEGRATED TRIAL			
Nov 22-26	74.6	29	11	40	Shutdown
Sub-Total (Trial)	378.4	141	83	224	28 days worked
Sub-Total (Other)	319.8	138	214	352	32 days worked
Grand Total	698.2	279	297	576	60 days worked

131 Boxes Produced for 60 working days = 2.18 boxes/day

4 Boxes/Day - Highest Production level reached

* Taken from Daily Operator's Reports

Table 17

Date	Kgs Gross Weight	Kgs Truck & Box	Kgs Chips	Tons
Sept 27	17,000	13,400	4,400	4.85
Sept 28	17,800	13,400	4,400	4.85
Sept 29	18,000	13,400	4,600	5.07
Sept 30	16,700	13,340	3,360	3.70
Oct 14	18,100	13,400	4,700	5.18
Oct 18	17,400	13,340	4,060	4.48
Oct 19	17,600	13,400	4,200	4.63
Oct 19	17,700	13,400	4,300	4.74
Oct 20	19,300	13,400	5,900	6.50
Oct 21	19,100	13,400	5,700	6.28
Oct 21	17,300	13,340	3,960	4.37
Oct 21	20,200	13,400	6,800	7.50
Oct 22	20,200	13,400	6,800	7.50
Oct 22	18,900	13,400	5,500	6.06
Nov 17	18,600	13,400	5,200	5.73
Nov 23	17,100	13,400	3,700	4.08
			Total Weight	85.30
			Total Weighed	16
			Averge	5.33

Total Production

5.33 tons x 131 loads = 698.2 tons

Our experiments indicate that best results from the system are possible when the chipper follows the Koehring and Hahn as closely as possible. Delays in processing the residue cause problems such as increased grit content from dust and other factors.

10.3 - COST OF BIOMASS - PHASE I - SYSTEM I

Detailed costs are available for all phases of the trial and are obtained from the regular woods' costing system. A typical cost statement showing monthly and year to date information is shown in Table 18. A more detailed breakdown of each item can also be extracted from the records. For example, item "923 - processing", would show this item is made up of chipper rental, chipper repairs, chipper operator labour, etc. The cost system can supply the dollar costs on each item including major equipment so that more detailed cost analysis can be made.

The costs reported for Sites 1 to 5 are actual costs incurred during the months of the trials and in most cases are not necessarily indicative of an ongoing operation because of the high cost of equipment rentals. Depreciation costs are also not typical. A better analysis of costs for an ongoing operation is contained in Section 10.5.

10.3.1 - Cost of Biomass - Site 1

Detailed costs at Site 1 are given in Tables 20, 21, 22, 23 and 24. A breakdown of costs for skidding (cost to roadside), chipping, transportation and overhead are shown. These costs include all costs associated with the trial over a three and one half month period and include start-up costs and rental costs. A total of $343,102.00 was expended to produce 8992 green tons of biomass for a cost per ton of $38.17.

While these costs provide useful information they are not representative of costs for an ongoing operation. Costs for the trial are on a rental basis for the chipper instead of a depreciated basis and do not represent the reduced cost possible by increasing production from the system. Production during the trial was mainly controlled by the number of skidders in operation. Increased production is possible by increasing the number of skidders as the chipper has excess capacity. As

ABLE 18

OWATERS NEWFOUNDLAND LIMITED - WOODS DEPARTMENT
PARTMENTAL STATEMENT - OCTOBER 1981 PERIOD 10 PAGE NO. 28A

>CAN. DOLLARS<	----CURRENT MONTH---- ACTUAL	BUDGET	-----Y E A R T O D A T E----- ACTUAL	BUDGET	PRIOR YR
BIO MASS PROJECT		8200			
02-OPERATING LABOUR			5,636		
32-TRUCK OPERATORS	583		1,643		
36-FOREMAN/SUB-FOREMAN	1,883		11,646		
11-PURCHASED SERVICES			243		
30-LUBRICANTS	476		1,749		
31-GASOLINE			227		
33-STOVE,FURN OIL,KERO			54		
38-RIGGING	596		4,655		
41-COOKHOUSE EQUIPMENT			29		
43-DIESEL FUEL	2,596		6,868		
45-MISC SUPPLIES	4		8,094		44
48-CLASS 2 MATERIALS			28		
50-EXPENDABLE TOOLS			371		
530-POWER SAW PURCHASES	134		134		
532-BARS CHAINS FILES	189		724		
534-POWER SAW PARTS	98		337		
52-TRAVEL			102		
713-LICENSE FEES	1,172		2,002		
52-BAL-TRANS-CONTRS-YRLY					13,061
84-MOVING EQUIPMENT			451		
115-VEHICLE RENTAL	1,011		3,444		
21-REPAIR MATERIALS	72		4,883		
01-SKIDDING	20,189		66,856		
08-BUSING	587		1,508		
23-PROCESSING	45,430		98,278		
31-UTILITY VEHICLES	751		2,058		
32-COOKHOUSE EXPENSE	2,718		7,763		
950-EQUIPMENT REVENUE			2,250		
52-CAMP MEALS			231		
81-DEPRECIATION	391		1,564		
486-CONTRACT TRUCKING	19,500		60,675		
> > T O T A L > >	98,180		294,503		13,105

noted, this potential could not be realized because of fuel burning restrictions at the mill.

The data in Table 19 which follows gives more useful data as it projects cost which could be possible for an ongoing operation. A more detailed cost analysis in 1983 dollars is contained in Section 10.5.

TABLE 19

1) Actual cost for 3½ month trial period

Skidding	$10.06	green ton
Chipping	14.36	" "
Chip Transportation	8.43	" "
Overhead	5.32	" "
	$38.17	

2) Actual cost for best ten weeks (all equipment operating).

Skidding	$ 8.43
Chipping	10.80
Transportation	8.43
Overhead	4.30
	$31.96

3) Actual cost for best four weeks.

Skidding	$ 7.76
Chipping	9.95
Transportation	8.43
Overhead	3.96
	$30.09

4) Projected cost for best ten weeks - chipper costs on a depreciated rather than a rental basis.

Skidding	$ 8.43
Chipping	6.72
Transportation	8.43
Overhead	4.30
	$27.88

5) Projected cost if system expanded to utilize full chipper capacity (5 skidders instead of 3) and using depreciated costs for chipper.

Skidding	$ 8.43
Chipping	4.42
Transportation	8.43
Overhead	3.50
	$24.78

The above data indicates it is possible to reduce the cost of biomass significantly from the overall trial cost of $38.17 per ton. On an ongoing basis and for production capacity in the range of 110 - 120 tons/day, cost would be in the range of $28.00 - $30.00 per ton. To further reduce costs to $25.00 per ton requires more fully utilizing chipper capacity and increasing production to the 190-200 ton/day level. These costs are for Site 1 only and represent specific conditions as to weather, terrain and hardwood component. Costs are in 1981 dollars. Costs in Section 10.4 are in 1983 dollars.

10.3.2 - *Cost of Biomass - Site 2*

The high cost at Site 2 is attributed to a severe winter and the short number of operating days. Included in the cost is depreciation, rental and other field costs for the months of January, February and March. Actual operating days were 49 or 9.8 weeks.

An extra cost during winter operation is the requirement for a tractor which adds approximately $3.00 per ton to costs. Again, an imbalance between trucking and skidding reduced production and increased costs.

Chipper rental costs alone were $16.11 per ton against an eight year straight line depreciated cost of $2.50 per ton.

The total cost for the three months was $190,474.00. Production for the winter operation was 3721 tons for a cost per ton of $51.19

10.3.3 - *Cost of Biomass - Site 3*

Cost of biomass at Site 3 was higher than Site 1. This was the result of a number of factors, chief among which were increased labour costs per hour, increased fuel costs, lower production and a shutdown during August when the mill was not operating. Problems with trucking are identified under 10.1.3 and are the main reason for reduced production. Total cost for the 70.5 day operating period was $278,490.00. During this period, 6175.1 tons of hardwood chips were produced for a cost of $45.10 per ton. Apart from the increased cost of labour and material, there was nothing to suggest that conclusions reached during the earlier trials at Site 1 were significantly changed.

10.3.4 - *Cost of Biomass - Site 4*

This Site operated with five skidders versus the three skidders of previous trials. Although production was highest, costs were not as low as predicted. This is partly due to the short period of the trial - 19 days. It was necessary to shut down because storage at the mill could not accommodate the increased production. For more realistic costs on an ongoing basis the projected cost figures in Section 10.5 are a better guide.

A total of 2839 tons of biomass were produced for a cost of $115,113.00 or $40.55 per ton.

10.3.5 - *Cost of Biomass - Site 5*

It is almost impossible to come up with any relevant cost data for Site 5 trials. The trials were extremely costly due to the low production and the cost of setting up the chipper on a mobile rig with loader, etc., as shown in Figure In the middle of the trials, it was necessary to make further modifications. Rental costs for the chipper were high at $15,540.00 per month and the manufacturer would not provide the equipment for a shorter than a six month rental period. As it turned out the chipper was in production for only three months.

The original concept was for fuelwood to take a part of the cost of delivery of residue material to roadside. However, even when considering this material a waste product at roadside, the cost of the material is in excess of $100.00 per ton (Section 10.4). Our costs which include higher rental costs and expensive start-up and modification costs were well in excess of the above.

Production would have to be in the range of 40-50 tons per day and the material considered a waste at roadside to compete with other forms of fuelwood.

TABLE 20: SUMMARY OF OPERATING COSTS ON BOWATER-ENFOR TRIAL

Item	COST ($)			% of Total Operating Cost
	Total	Per Day	Per Ton	
Skidding	90289.01	940.51	10.06	26.3
Chipping	129122.99	1345.02	14.36	37.7
Chip Transportation	75862.00	790.23	8.43	22.1
Overhead	47828.00	498.21	5.32	13.9
TOTAL	343102.00	3573.97	38.17	100.0

TABLE 21: BREAKDOWN OF SKIDDING COSTS ON BOWATER-ENFOR TRIAL

Item	COST ($)			% of Total Operating Cost
	Total	Per Day	Per Ton	
Operators' Wages	19386.00	201.94	2.16	5.6
Fellers' Wages	18834.00	196.19	2.10	5.5
Bonus	13728.00	143.00	1.53	4.0
Fuel	4661.34	48.56	0.52	1.4
Lubricants	852.67	8.88	0.10	0.2
Repairs	1533.00	15.97	0.17	0.4
Rigging	3967.00	41.32	0.44	1.2
Power Saws	2697.00	28.09	0.30	0.8
Depreciation	24630.00	256.56	2.74	7.2
TOTAL	90289.01	940.51	10.06	26.3

TABLE 22: BREAKDOWN OF CHIPPING COSTS ON BOWATER-LAFOR TRIAL

Item	COST ($)			% of Total Operating Cost
	Total	Per Day	Per Ton	
Operators Wages	8081.00	84.18	0.90	2.4
Buckers Wages	5619.00	58.53	0.62	1.6
Bonus	4387.00	45.70	0.49	1.3
Fuel	5066.66	52.78	0.56	1.5
Lubricants	426.33	4.44	0.05	0.1
Repairs	4744.00	49.42	0.53	1.4
Power Saws	899.00	9.36	0.10	0.3
Rental	99900.00	1040.62	11.11	29.1
TOTAL	129122.99	1345.02	14.36	37.7

TABLE 23: BREAKDOWN OF CHIP TRANSPORTATION COSTS ON BOWATER-ENFOR TRIAL

Item	COST ($)			% of Total Operating Cost
	Total	Per Day	Per Ton	
Contract Trucking	69450.00	723.44	7.72	20.2
Operators' Wages	1922.00	20.02	0.21	0.6
Miscellaneous	4490.00	46.77	0.50	1.3
TOTAL	75862.00	790.23	8.43	22.1

TABLE 24: BREAKDOWN OF OVERHEAD COSTS ON BOWATER-INFOR TRIAL

Item	COST ($)			% of Total Operating Cost
	Total	Per Day	Per Ton	
Foreman's Wages	8474.00	88.27	0.94	2.5
Busing	5945.00	61.93	0.66	1.7
Camp Expenses	9454.00	98.48	1.05	2.8
Utility Vehicles	2927.00	30.49	0.33	0.8
Licence Fees	2093.00	21.80	0.23	0.6
Moving Equipment	2303.00	23.99	0.26	0.7
Miscellaneous	16632.00	173.25	1.85	4.8
TOTAL	47828.00	498.21	5.32	13.9

10.4 - ANALYSIS OF COST AND PROJECTED COST

The very nature of trials makes it difficult to assign realistic costs due to start-up and other factors. There is also the temptation to be optimistic. Production rates for the best periods are sometimes selected as normal and charges for overhead and depreciation are not always representative of the true costs represented by these factors. This becomes particularly important in forestry as it is usually a seasonal activity.

The trials at Bowater were carried out over a two year period, and expenses were incurred in 1981, 1982 and 1983. The trials started in July, 1981, and were completed in March, 1983. This makes it difficult to make cost comparisons between sites because of high inflation during the period.

To present a complete picture on expenditures, the following states costs in three different forms: (I) actual costs as incurred during the period of the trials, (II) total costs to Bowater for the complete period July, 1981, to March, 1983, and (III) projected costs in 1983 dollars based on straight line depreciation instead of rentals. Projected costs, item (III), are the most realistic for an ongoing operation. It should also be noted that Site 1 expenses did not include fringe benefits but they are included for all other sites.

Item (I) Actual Costs - Trial Period

Site 1 - System 1

July 1981 - November 1981
Total Cost - $343,102.00
Total Tons - 8992
Cost/ton - $38.17

Site 2 - System 1

January 1982 - March 1982
Total cost - $190,474.00
Total Tons - 3721
Cost/ton - $51.19

Site 3 - System 1

June 1982 - October 1982
Total cost - $278,490.00
Total Tons - 6175
Cost/ton - $45.10

Site 4 - System I

January 1983 - February 1983
Total cost - $115,113.00
Total Tons - 2839
Cost/ton - $40.55

Site 5 - System II

August 1982 - November 1982
*Total cost - $101,063.00
Total Tons - 698
Cost/ton - $144.78

*This is a rough estimate of actual costs during this period.

The above costs include rental costs for the chipper and depreciated costs (30% declining balance) for skidders for the months while trials were in progress. Although depreciated costs are not included for the full year, the amount written off is at least equivalent to a year's depreciation on an eight year straight line depreciated basis. The high rental chipper costs in particular make the above costs higher than what can be expected for an ongoing operation.

Item (II) Actual Yearly Cost to Bowater for the Trial Period - July 1981 - March 1983.

1981 - System I

Total cost - $345,610.00
Total Tons - 8992
Cost/ton - $38.43

1982 - System I

Total cost - $602,616.00
Total Tons - 9896
Cost/ton - $60.89

1983 - System I

Total cost - $129,739.00 (end of April 1983)
Total Tons - 2839
Cost/ton - $45.70

1981 - 1983 - System I

Total cost - $1,077,965.00
Total Tons - 21,727
Cost/ton - $49.61

Actual costs for System II are excluded as they include costs associated with pulpwood production and are so high on a per ton basis as to be meaningless. Projected costs for System II as contained in Table 26 are more relevant.

The above costs are total costs incurred and they do not reflect the contribution made by ENFOR towards these trials. Note the higher costs in 1982 reflect that chipper costs of $19,980 per month are included for the full twelve months even though the chipper operated for only 117.5 operating days in 1982. The total cost of chipper rental in 1982 was $239,760 or a cost per ton of $24.23. This compares with total chipper costs of $5.50 to $6.00 a ton on an ongoing basis. This must be kept in mind when reviewing the above costs.

The above are negative factors contributing to the high cost of the trials. On the positive side, since the chipper rental costs were on the basis of a rental purchase agreement, Bowater now owns outright the Morbark chipper which has been completely paid for over the two year period. The chipper has been depreciated and is in excellent condition and this will be reflected in lower costs for chips harvested in the summer of 1983 and beyond. Since the three skidders were new at the start of the trials and have been depreciated on a 30% declining balance basis, we also have three skidders in good condition which have been depreciated by 50% in two years. This will also reflect lower costs for sometime in the future. These factors are important to consider when evaluating the true cost of harvesting fuelwood. Costs as projected under item three are, therefore, the best guide to the actual costs of a fuelwood operation.

Item (III) Projected Cost - Ongoing Operation

The following are projected costs (1983 dollars) (Table 25) for an ongoing fuelwood operation based on a Phase I - System I concept. Costs are shown for 150 ton per day and a 200 ton per day production rate. These are the minimum and maximum production rates for a five skidder operation.

TABLE 25

PROJECTED COST - SYSTEM 1

		Production & Daily Cost @150 T/D	@200 T/D
Skidding Cost			
1. 5 skidder operators	$141.56/day	$707.80	$707.80
2. 5 cutters	$138.75/day	693.75	693.75
3. Fuel	@$0.65/ton	97.50	130.00
4. Repairs	@$2.00/ton	300.00	400.00
5. Rigging	@$0.45/ton	67.50	90.00
6. Power saws	@$0.45/ton	67.50	90.00
7. Depreciation (5 skidders)	$276.25/day	$ 276.25	$ 276.25
8. Sub-Total		$2210.30	$2387.80
9. Skidder cost/ton		14.73	11.93
Chipping Cost			
1. Chipper operator	@$145.32/day	$ 145.32	$ 145.32
2. Utility operator	@$138.75/day	138.75	138.75
3. Fuel	@ $0.65/ton	97.50	130.00
4. Repairs	@ $1.75/ton	262.50	350.00
5. Miscellaneous	@ $0.50/ton	75.00	100.00
6. Depreciation	@$196.67/day	196.67	196.67
7. Sub-total		$ 915.74	$1060.74
8. Chipper cost/ton		6.10	5.30
Transportation			
1. Sub-total		$1500.00	$2000.00
2. Cost/ton		10.00	10.00
Overhead			
1. Foreman	@$30,000/yr.	$ 200.00	$ 200.00
2. Busing	@$100.00/day	100.00	100.00
3. Camp expenses	@$191.70/day	191.70	191.70
4. Miscellaneous & other overhead		200.00	200.00
5. Sub-total		$ 691.70	$ 691.70
6. Overhead cost/ton		4.61	3.46
TOTAL COST/DAY		$5317.74	$6140.24
Total cost/ton		$ 35.45	$ 30.70

TABLE 26 PROJECTED COST - SYSTEM II

Chipping rig

Operators' wages	-	$145.32
Fuel	-	75.00
Repairs	-	200.00
Misc.	-	50.00
Depreciation	-	145.00
Sub-total		$615.32
Foreman	-	$200.00
Tractor	-	150.00
Utility	-	75.00
Miscellaneous	-	100.00
Sub-total		$675.00
Trucking	-	$183.12
Total	-	$1323.44

Tons - 11.62 tons/day

Cost/ton $113.89

10.5 - BIOMASS CONVERSION

10.5.1 - Combustion

As part of the trial, the contract with Supply and Services calls for burning tests to be carried out to provide the basis for estimating the oil equivalent value of the chips. This was necessary to assess the economics of the operation.

A series of biomass burning trials were initiated but because of the errors inherent in the measurement of the biomass, the results were erratic. A better assessment of the economics of biomass was based on the longer term reduction in oil over a three month period when burning hardwood chips. The conclusions reached concerning the oil equivalent value of a ton of green chips has held up over the two year period of trials.

It is not possible to conduct a trial of 100 tons of hardwood chips separately from bark while the mill is operating. This would require a complete shut of the Wood Preparing operation for up to 16 hours which is not possible without losing paper production. The alternative is to dump bark from the wet barking operation into the receiving waters which is environmentally unacceptable. Therefore, a burning trial on hardwood chips was planned and conducted during the Labour Day shutdown of the Mill.

To carry out the trial without wasting the steam produced, the trial was scheduled for the 12-8 shift prior to start-up of the paper machines at 8 a.m. This shift has a minimum requirement for steam but demand is erratic. Again, because of these restrictions, the timing was difficult and steam flows variable. The trial lasted about five hours and about 60 tons of hardwood chips were burnt.

TABLE 28

	Sept. 9/81
Pounds of green chips fired	124,100
Pounds of O.D. chips fired	69,230
Average Moisture	44.2%
Steam meter reading - start	4858
Steam meter reading - finish	5217
Test Duration	4 hrs. 50 mins.
Steam Integrator Factor 1000	
lbs. Steam Generated From Chips	371,583

TABLE 27

BIOMASS HARVESTING EQUIPMENT
PURCHASE PRICE & ASSUMPTIONS FOR DEPRECIATION & MAINTENANCE

3 Timberjack Model 450 skidders @ $66,300 each

Estimated life for depreciation - 8 years
Estimated maintenance cost:
0 - 4 years 10% of cost per year
4 - 8 years 20% of cost per year
8 years - 25% of cost per year
(1 shift operation, for an operating unit of 10 skidders)

1 Morbark Model 22 RXL Chiparvestor @ $295,000

Estimated life for depreciation - 10 years
Estimated maintenance cost:
0 - 4 years 10% of cost per year
4 - 8 years 15% of cost per year
8 years - 25% of cost per year
(1 shift operation)

1 Hahn Shortwood Harvester @ $137,000

Estimated life for depreciation - 8 years
Estimated maintenance cost:
0 - 4 years 20% of cost per year
4 - 8 years 30% of cost per year
8 years - 40% of cost per year
(2 shift operation)

1 Koehring Feller Forwarder, Model K3FF @ $550,542

Estimated life for depreciation - 8 years
Estimated maintenance cost:
0 - 4 years 20% of cost per year
4 - 8 years 30% of cost per year
8 years - 35% of cost per year
(2 shift operation)

1 Bruks Model 1000 drum chipper @ $174,000

Estimated life for depreciation - 8 years
Estimated maintenance cost:
0 - 4 years 15% of cost per year
4 - 8 years 20% of cost per year
8 years - 25% of cost per year
(1 shift operation)

N.B. All maintenance cost estimates include routine servicing.

10.5.2 Cont'd.

For the period 1979 - 1980, the average steam energy from bark was equivalent to 68,905 bbl/oil per year or 11.4% of total steam energy. This reflects the installation of new bark recovery facilities at the Mill in 1979.

In 1981, the average steam energy from bark and forest biomass was equivalent to 89,143 bbls of oil per year or 14.3% of total steam energy. This increase reflects the additional energy from hardwood chips which was used during the months of July, August, September, October and part of November.

1982 was a difficult year with considerable downtime in the Mill. This adversely reflects on energy per ton and it is difficult to make comparisons with 1981. However, forest biomass continued to make a worthwhile contribution to energy needs.

To indicate more clearly the effect of the introduction of forest biomass as a source of steam energy, Table 29 shows a comparison of the first six months of 1981 when no hardwood chips were burnt for a 3½ month period.

TABLE 29

	6 Months Jan-June/81	6 Months July-Dec/81
Production (Newsprint) tons	199,411	204,562
Barrels of oil	268,145	247,038
Barrels of oil/ton	1.34	1.21
Barrels of oil equivalent - bark & forest biomass	36,156	52,987
Barrels of oil equivalent - electric power	14,539	2,896
Total barrels of oil plus oil equivalent	318,840	302,921
Barrels of oil plus equivalent/ton	1.60	1.48
% Steam energy from solid fuel (bark & chips)	11.3%	17.5%

A further comparison of the effects of burning forest biomass (wood chips) is given in Table 30
This compares the months in 1981 when biomass (wood chips) were burnt with the same months in 1980 when no chips were burnt.

10.5.1 Cont'd.

Bbl/oil equivalent (1 bbl. = 5300 lbs steam)	70.1
Tons of green chips burnt	62.05
Bbl/oil per green ton chips	1.13
Heating value of chips Btu/lb bone dry	8700
Heat value of chips as fired	4855
Boiler effieincy	59.8%
Price of oil/bbl. (Sept./81)	$24.25
Equivalent fuel value of chips(1981 Dollars)	$27.40

Although the above trial was carried out under adverse conditions and measurements are not as accurate as one would like, the result indicating a ton of green chips is equivalent to 1.13 bbl/oil is very close to values reported in the literature. Another trial conducted in 1982 on chips only confirmed a value of about 1.1 bbl/oil equivalent for one green ton of biomass when the boilers were fired on chips only. As noted earlier, the cost of biomass in western Newfoundland even under the best operating conditions is too high at a 1.13 bbl/oil equivalent oil prices. However, the following data will indicate a higher bbl/oil equivalent can be used when mixing chips with wet bark under the conditions existing at Bowater Newfoundland Limited. The following sections under steam generation and oil equivalents will support this thesis.

10.5.2 - *Steam Generation and Oil Equivalent*

To put in perspective the effect of forest biomass on steam energy requirements, it is useful to look at some historical data on energy for steam production. Appendix 2 has a Table indicating the sources of energy for steam production for the period 1970 - 1982. Steam energy is produced mainly from Bunker "C" (No. 6) oil with small amounts from electricity and bark. Energy from electricity and bark is shown as equivalent barrels of oil.

Energy per ton of product has gone down over the period as a result of increased production and savings initiated in response to higher energy prices.

For the period 1970 - 1978, the average steam energy from bark was equivalent to 37,833 bbl/oil per year or 6.0% of total steam energy.

10.5.2 Cont'd.

steam in 1981 is due to burning wood chips, then a green ton of biomass is equivalent to 7.30/3.24 or 2.25 bbls of oil. This is over twice the amount one would expect if burning chips only. Since we cannot separately measure quantities of bark and chips in the mixture, it is necessary to estimate the steam generation from bark based on past experience. As noted earlier, actual steam from bark in August - September, 1980, was 42,476 lbs/hour. To be on the safe side we have estimated 51,000 lbs/hour as the steam generated from bark in August - September, 1981. This leaves 30,157 lbs. steam/hour increase (81,157 - 51,000) as a result of mixing 3.24 green tons of chips with the bark. On this basis, a green ton of chips is equivalent to 1.75 bbls of oil.

The reason for the higher oil equivalent (1.75) for a ton of green biomass than is reported in the literature (1.1 - 1.3) arises from the fact that the relatively dry chips lower the moisture content of the <u>total</u> mixture of bark and chips and increases the boiler efficiency. Therefore, the effective energy increase of the total mixture (12.9 T/hour bark + 3.24 T/hour chips) is credited to chips and increases the oil equivalent value. The boiler effieincy when burning bark only is in the range of 40 - 45% and increases to 60 - 65% when burning a mixture of chips and bark. Because of the difficulties of measurement, etc., it is difficult to accurately determine boiler efficiency improvement to get the measured increase in steam generation. The effect has taken place over a long enough period to give confidence to the 1.75 bbl/oil per green ton being used to put a value on the chip biomass.

Using the 1.75 bbl/oil per green ton equivalent, the value of biomass can be stated relative to various oil prices.

TABLE 32

Cost of oil/bbl.	Value of biomass per green ton
$20.00	$35.00
25.00	43.75
30.00	52.50
35.00	61.25

10.5.2 Cont'd.

TABLE 30

	1980		1981	
	Tons/News	Bbl/oil	Tons/News	Bbl/oil
July	35,540	41,109	36,212	40,408
Aug.	30,571	37,049	30,654	32,303
Sept.	27,339	36,851	29,510	33,235
Oct.	38,093	46,568	40,425	47,097

TABLE 31

	1980	1981	
	Bbl/Oil/Ton/News	Bbl/Oil/Ton/News	
July	1.16	1.12	
Aug.	1.21	1.05	
Sept.	1.35	1.13	
Oct.	1.22	1.17	(one boiler only on solid fuel for part of month)

The above Tables indicate the beneficial effects of wood chips on reducing the oil requirements to produce a ton of paper.

To more accurately assess the oil equivalent value of a green ton of wood chips when mixed with the wet bark, a more detailed examination of the steam generation from solid fuel is necessary.

In 1980, steam generation from bark averaged 45,406 lbs. steam/hour over the 12 month period. If we compare the months of August and September in 1980 and 1981, it is seen that steam production from solid fuel almost doubled in August and September of 1981 when wood chips were burnt with bark. Steam generation averated 42,476 lbs/hour in August - September, 1980, versus 81,157 lbs/hour in August - September, 1981, or an increase of 38,681 lbs/hour.

At a conversion equivalent to 5300 lbs. steam per bbl/oil, the increase is equal to 7.30 bbl oil/hour. During the August - September period of 1981, 4200 green tons of biomass were burnt or a rate of 3.24 green tons/hour. If we assume all the increase in

11.0 WINTER VS. SUMMER OPERATION

For biomass harvesting to be successful as a year round source of fuel, it is important that harvesting be carried on during the winter months. In a paper-making facility, steam energy needs are continuous over the twenty-four hours of a production day as well as for approximately 358 days of the year. In addition to energy needs, the high cost of equipment used for harvesting of forest residues make it imperative to utilize equipment as many days as possible throughout the year. In this respect, some pulpwood harvesting is now being carried out on a two shift basis. There are certain conditions where fuelwood harvesting might also be possible on a more than one shift basis. The chipper operation in System II has the potential for two shift or three shift production if stockpiles of fuelwood trees can be made available.

In recognizing the necessity for procurement of forest biomass on a year round basis, it was obvious that some changes were required when compared with a summer operation similar to Phase I - System I. In that operation, hardwood residues from a pulpwood cut-over area were salvaged for fuelwood. This is not practical during the winter for two main reasons as follows: (1) a large percentage of wood residuals are on the ground and would be covered with snow and (2) the exposed nature of cutover sites require continuous snow clearing because of drifting. In normal pulpwood operations, there is a measure of protection of the harvesting site due to the windbreak effect of a coniferous tree forest. In cutover areas, the site is exposed and is unworkable in the climatic conditions of a Newfoundland winter. Because of this, the winter fuelwood operation was conducted in a full hardwood stand. Although the hardwoods do not provide the protection of a softwood or mixed softwood - hardwood stand, the exposed nature of the site is minimized. In full hardwood stands, the tons of biomass per acre is concentrated which makes operating under winter conditions a lot more practical.

As there are not many pure hardwood stands in areas close to the Mill, there is some concern as to how long these supplies would support a winter operation. However, there may be other sources of winter fuel such as on substandard sites which could provide a continuity of supply. Clearing of substandard sites to improve soil conditions and plant species more compatible to these sites may have potential as a source of fuelwood.

10.5.2 Cont'd.

The above puts in perspective the value of forest biomass as an alternative fuel under the conditions existing at the Corner Brook Mill. Even at present fuel prices of $30.00 per barrel, forest biomass is competitive with oil becuase of the beneficial effect on boiler efficiencies when burning it with wet bark. It is stressed that these economics are for a specific trial period under good harvesting conditions and specific boiler and fuel conditions. If bark moistures are already low in a given mill situation, boiler efficiencies may be only minimally influenced by wood chips and different economics will apply. Without knowing the specific mill conditions, it is safe to assume that forest biomass is at least equal to 1.1 bbls of oil per green ton. For biomass to become a major energy source, as an alternative fuel, the cost of oil energy would have to increase or methods found to more efficiently harvest forest residues. However, many mills may have conditions which make the economics of forest biomass more advantageous than the conventional value assigned to it. This changes the economics from poor to favourable. Each mill has to evaluate their conditions and the economics are greatly influenced by how efficiently present bark is being burnt. Bark moisture and boiler efficiency are two of the major factors in the above.

Our trials indicate a value for biomass higher than was originally assumed and this has encouraged us to continue with the above system for harvesting forest biomass.

12.0 CONCLUSIONS

Two years of trials under a variety of conditions have shown that forest biomass harvesting can be carried out successfully. In System I, we believe we have the equipment to procure fuelwood in quantities in excess of 200 tons per day. Depending on the quantities of hardwoods available on a Company's forest holdings, one or more systems could provide a significant portion of the steam energy requirements of a paper mill. However at today's oil prices, the economics are marginal when hardwood chips are burnt at an equivalent fuel value of 1.1 barrels of oil for a green ton of chips. At Bowater Newfoundland where chips mixed with bark improve the overall efficiency of the mixture, the oil equivalent value is higher and under these conditions, we consider the economics to be favourable. It is proposed to continue with burning of hardwood chips.

The experience gained to date in these trials is valuable for assessing the long term energy sources for the Mill. We now have complete confidence in the ability to deliver large quantities of fuelwood on a year round basis. More information is needed in estimating the quantity of fuelwood within a reasonable transportation distance of the Mill. Such an inventory would be necessary before installing new and larger solids burning steam generation facilities.

We wish to thank and acknowledge the assistance of the following:

Messrs. B. Case
R.S. Van Nostrand
F. Pollett
R.C. Dobbs

In addition, the success of the project was mainly due to the commitment and efforts of the Bowater Woodlands group who successfully implemented the techniques of biomass harvesting. Finally our thanks to the Mill Personnel who accommodated, with minimum expenditure, a new fuel source.

We also wish to acknowledge with thanks the assistance by many Woodlands and Mill personnel in the preparation of the final report.

The financial assistance provided under the ENFOR program is also gratefully acknowledged.

11.0 Cont'd.

If silviculture improvements and fuelwood requirements compliment each other, then the economics for both processes become more favourable.

The cost of harvesting biomass under winter conditions will be increased somewhat over summer conditions. A great deal depends on weather conditions as this affects skidder production. However this is no more severe than for pulpwood harvesting under winter conditions. The increased cost of winter harvesting can be offset by crediting it for clearing of the sites so that species favourable for pulpwood can be planted. There are obvious silviculture benefits in clearing "pure hardwood" sites for replanting to softwoods for pulpwood. For Bowater Newfoundland, where transportation costs are a major part of wood costs, the removal of hardwoods and replacement with softwoods is particularly beneficial on sites close to the Mill.

As a result of experience gaining during two winters of harvesting fuelwood, Bowater Newfoundland is confident that forest biomass harvesting can be successfully implemented on a year round basis.

APPENDIX 1 & 2

with a blaze at BH all standing and downed trees not sound enough for skidding. Do not tally these trees.

2. Select 10 trees of each major species (> 25% by basal area) to cover the range of diameters (> 5 cm Dbh) in the plot. Record total height to nearest 0.3 m and Dbh to 0.1 cm of each sample tree.

3. Select a maximum of 5 trees of each minor species (> 25% by basal area) and obtain heights and diameter as above.

B. For each 0.0025 ha plot (5 m x 5 m)

1. Tally all woody vegetation $\leq$ 5 cm Dbh and > 1.3 m in height as in A. 1 above, by 1 cm Dbh classes.

2. Select 3 stems of each species and obtain heights and diameters as above.

C. For each 0.0004 ha quadrat (Quadrats, 2 m x 2 m, are established in clusters of four around each corner post of the nine main plots - see diagram).

1. Record the number by species of all stems of woody vegetation < 1.3 m in height.

D. For each line transect (12 transects each 100 m long)

1. Record the intercept distance occupied by each of the categories described on the tally card.

APPENDIX 1

ENFOR PROJECT P-191

INTEGRATED FULL-TREE LOGGING

FIELD PROCEDURES FOR CRUISE AND DISTURBANCE STUDIES

MIXEDWOOD STAND

BLOCK LAYOUT

A. At least four 1 ha blocks will be established in the area to be harvested. Blocks will be located so that they enclose conditions which are representative of the area.

B. Each block will be 100 m square, comprised of a grid of 20 m intervals, for a total of 12 line transects each 100 m long. (See diagram).

C. Each line intersect will be marked with a number metal stake so that they may be located after harvesting. (36 stakes per block)

D. The nine 20 m square plots (0.04 ha each) forming a + in the centre of each block will be measured in detail as outlined below.

COLLECTING FIELD DATA

BEFORE HARVESTING

A. For each 0.04 ha plot (20 m x 20 m)

1. Tally all trees > 5 cm Dbh (at 1.3 m) by species and 2 cm diameter classes. Separate living and sound dead stems. Record Dbh of all sound downed trees separately from standing trees. Record only those trees with butts within the plot boundary. Mark

COLLECTING FIELD DATA

BEFORE HARVESTING

A. Record data as per Mixedwood Stand with the addition of the following:

1. On each 1/25 ha plot (20 m x 20 m) tally all tops with butt diameter > 5 cm by species and butt diameter (1 cm diameter classes). Record all tops which have butts within the plot boundary.

2. For logs and sections of bole > 1 m in length and > 5 cm in diameter at mid-point, record the following:

   - species
   - length to nearest metre (estimate)
   - mid diameter by 2 cm diameter classes.

   Tally all sound pieces which have 50% of their length within the plot.

AFTER HARVESTING

B. For each 0.04 ha plot

1. Tally all standing and downed material as previously. (Trees, logs, and tops > 5 cm in diameter)

C. For each 0.0025 ha plot

1. Tally as previously.

D. For each 0.004 ha quadrat

1. Tally as previously

E. For each line transect

Tally as previously.

AFTER HARVESTING

E. For each 0.04 ha plot

1. Tally any standing trees > 5 cm Dbh as previously.
2. Record Dbh by species of all sound trees > 5 cm Dbh lying on the ground and having their butts within the plot.

F. For each 0.0025 ha plot

1. Tally all standing woody vegetation ≤ 5 cm Dbh as previously.
2. Record Dbh by species of all sound stems ≤ 5 cm Dbh lying on the ground and having their butts within the plot.

G. For each 0.004 ha quadrat

1. Record the number by species of each live standing stem of woody vegetation ≤ 1.3 m in height.

H. For each line transect

1. Record the intercept distance occupied by each of the categories as per the tally sheet.

CUTOVER

BLOCK LAYOUT

A. At least three 1 ha blocks will be established in the area to be harvested.

B. Block, plot, and quadrat layout will be the same as for the Mixedwood Stand.

APPENDIX 2

TABLE 33

BARRELS OIL/TON PAPER

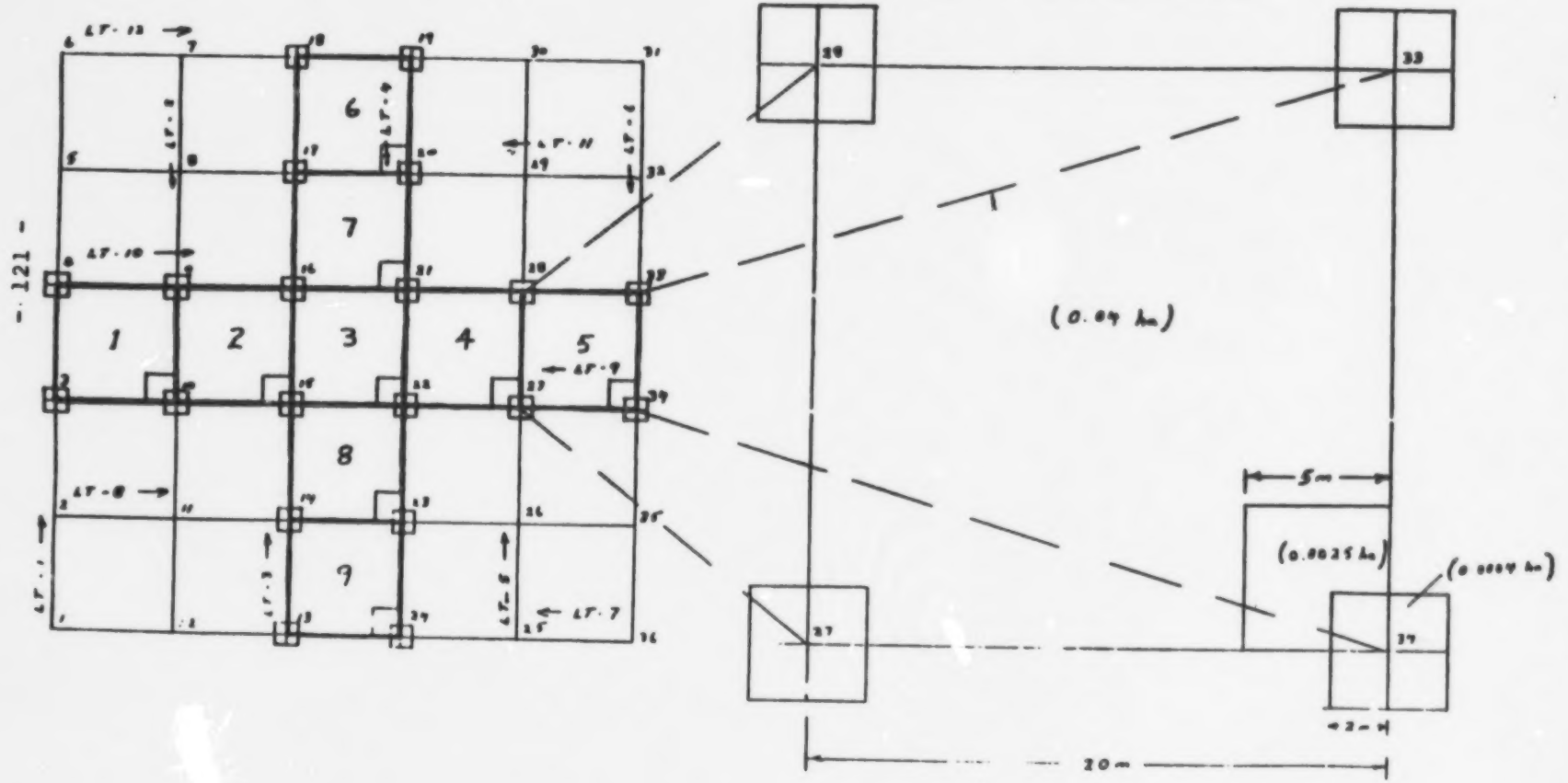
1970 - TO DATE

1970	OIL	ELECTRIC	BARK	TOTAL
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	575806	110344	48310	734460
NET SALEABLE PRODUCTION	381404	381404	381404	381404
BARRLS OIL/TON PAPER	1.51	0.29	0.13	1.93
1971				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	436325	119069	30804	586198
NET SALEABLE PRODUCTION	291389	291389	291389	291389
BARRELS OIL/TON PAPER	1.50	0.41	0.10	2.01
1972				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	436002	125712	23382	585096
NET SALEABLE PRODUCTION	268003	268003	268003	268003
BARRELS OIL/TON PAPER	1.63	0.47	0.09	2.18
1973				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	636887	114392	23617	774896
NET SALEABLE PRODUCTION	377786	377786	377786	377786
BARRELS OIL/TON PAPER	1.69	0.30	0.06	2.05
1974				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	595211	55643	37311	688165
NET SALEABLE PRODUCTION	365892	365892	365892	365892
BARRELS OIL/TON PAPER	1.63	0.15	0.10	1.88
1975				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	476182	15750	31492	523424
NET SALEABLE PRODUCTION	246271	246271	246271	246271
BARRELS OIL/TON PAPER	1.93	0.06	0.13	2.12

ENFOR PROTECT P-191

DISTURBANCE STUDY

BLOCK AND PLOT LAYOUT



BARRELS OIL/TON PAPER

1970 - TO DATE

1976	OIL	ELECTRIC	BARK	TOTAL
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	533546	25817	36841	596204
NET SALEABLE PRODUCTION	298196	298196	298196	298196
BARRELS OIL/TON PAPER	1.79	0.09	0.12	2.00
1977				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	524825	14046	58215	597086
NET SALEABLE PRODUCTION	367609	367609	367609	367609
BARRELS OIL/TON PAPER	1.43	0.04	0.16	1.63
1978				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	518532	44914	50527	613973
NET SALEABLE PRODUCTION	372587	372587	372587	372587
BARRELS OIL/TON PAPER	1.39	0.12	0.14	1.65
1979				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	521892	6712	64203	592807
NET SALEABLE PRODUCTION	385345	385345	385345	385345
BARRELS OIL/TON PAPER	1.35	- 0.02	0.17	1.54
1980				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	523339	15441	73611	612391
NET SALEABLE PRODUCTION	393866	393866	393866	393866
BARRELS OIL/TON PAPER	1.33	0.04	0.19	1.56
1981				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	515183	17435	89144	621762
NET SALEABLE PRODUCTION	403973	403973	403973	403973
BARRELS OIL/TON PAPER	1.28	0.04	0.22	1.54
1982				
BARRELS OIL OR EQUIVALENT	442570	38209	74735	555514
NET SALEABLE PRODUCTION	320632	320632	320632	320632
BARRELS OIL/TON PAPER	1.38	0.12	0.23	1.73

This report has been produced through an ENFOR contract

Ce rapport a été produit via un contrat ENFOR

ISSN 0704-769X

MARITIMES FOREST RESEARCH CENTRE

BIOMASS HARVESTING AND CHIPPING IN A TOLERANT HARDWOOD STAND IN CENTRAL NEW BRUNSWICK

B.S. CHISHOLM AND G.D. VAN RAALTE

FREDERICTON, N.B.
M-X-111, OCTOBER 1980.

BIOMASS HARVESTING AND CHIPPING IN A TOLERANT HARDWOOD STAND IN CENTRAL NEW BRUNSWICK

by

B.S. Chisholm[1] and G.D. van Raalte[2]

Contractor

[1]Valley Forest Products Ltd.
St. Anne Nackawic
Box 100
Nackawic, New Brunswick

Scientific Authority

[2]Research Scientist
Maritimes Forest Research Centre
Canadian Forestry Service
Box 4000
Fredericton, New Brunswick

Information Report M-X-111

Canadian Forestry Service
Environment Canada

1980

Chisholm, B.S., and G.D. van Raalte. 1980. Biomass harvesting and chipping in a tolerant hardwood stand in central New Brunswick. Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Inf. Rep. M-X-111.

ABSTRACT

Four 2-ha blocks were harvested after the completion of a total biomass inventory. Three blocks were harvested by the Koehring Feller-Forwarder and chipped by a Model 22 Morbark Chiparvester, while the remaining block was cut using conventional cut and skid techniques to produce 2.5 m roundwood. The productivity and costs of harvesting each block were measured accurately. On two blocks the costs of harvesting the residual biomass after completion of the normal harvest were also determined. The feasibility and economics of harvesting this residual biomass are briefly discussed.

RESUME

Quatre blocs de 2 ha ont été récoltés après qu'on eut complété un inventaire de la biomasse totale. La récolte de trois blocs a été faite à l'aide d'une abatteuse-débusqueuse Koehring et la mise en copeaux effectuée par une Morbark Chiparvester Modèle 22 alors que le dernier bloc était coupé selon les méthodes classiques de coupe et débusquage pour produire du bois rond de 2,5 m. On a mesuré avec précision la productivité et les coûts de récolte de chaque bloc. Sur deux blocs, les coûts de récolte de la biomasse résiduelle après la récolte normale complétée ont aussi été déterminés. Cet article traite brièvement de la faisabilité et de la rentabilité de récolter cette biomasse résiduelle.

FOREWORD

ENFOR is the bilingual acronym for the Canadian Forestry Service's ENergy from FORest (ENergie de La FORêt) program of research and development aimed at securing the knowledge and technical competence to facilitate in the medium to long term a greatly increased contribution from forest biomass to our nation's primary energy production. This program is part of a much larger federal government initiative to promote the development and use of renewable energy as a means of reducing our dependence on petroleum and other non-renewable energy sources.

ENFOR projects are selected from among proposals submitted by private and public research organizations according to scientific and technical merit, in the light of program objectives and priorities. Regardless of proposal source, projects are carried out primarily by contract. For further information on the ENFOR program, contact.....

ENFOR Secretariat
Canadian Forestry Service
Department of the Environment
Ottawa, Ontario K1A 1G5

or

the Director of the establishment issuing the report.

This report, based on ENFOR Project P-39, was prepared jointly by Valley Forest Products Ltd. and the Canadian Forestry Service. The data were collected on contract (DSS File No. KL003-0-0018, Serial No. OSC79-00035) by Valley Forest Products Ltd. St. Anne Nackawic, Box 100, Nackawic, N.B.

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION. 1

TEST AREA 1

LOGGING SYSTEMS 1

HARVESTING METHODS. 2

RESULTS 2

DISCUSSION. 5

TABLES. 7

INTRODUCTION

Whole-tree harvesting and chipping and conventional chain saw/skidder operations are being widely used in the Maritimes for harvesting wood fibre. These types of equipment might also be used for harvesting fibre for energy production or for conventional products plus energy purposes. The study reported here was designed to provide quantitative data on the additional fibre that could be obtained by harvesting the residual material below the current minimum diameter limits, and on the costs and economic feasibility of doing so with conventional logging equipment. A report describing the test stand and its biomass before and after harvesting will be published separately; this report presents the results of only the harvesting operation and its costs.

TEST AREA

The test was carried out on a 8-ha block of mixedwood/tolerant hardwood forest about 15 km west of the Trans-Canada Highway at Pokiok near Flat Top Mountain in central New Brunswick. The stand was of fire origin and about 60 years old. It was composed of beech, (*Fagus grandifolia* Ehrh.), red maple (*Acer rubrum* L.), striped maple (*A. pensylvanicum* L.) yellow birch (*Betula lutea* Michx. f.), witch-hazel (*Hamamelis virginiana* L.), sugar maple (*A. saccharum* Marsh), poplar (*Populus* L.), red spruce (*Picea rubens* Sarg.) and white birch (*B. papyrifera* Marsh.). Average stand diameter at breast height was 22.4 cm (Fig. 1). The stand was very suitable for the Koehring Feller-Forwarder (KFF)/chipper system, but because of the high number of small diameter stems was considered marginally operable by the conventional cut and skid method.

LOGGING SYSTEMS

The test was carried out using two "in-place" logging systems. One was a Koehring Feller-Forwarder (whole tree harvester) and Model 22 Morbark Chiparvester operation, and the other a power saw cut-and-skidder operation with 2.5-m wood being piled at roadside.

Figure 1. View of stand which was harvested.

The KFF is a rubber-tired tree forwarder equipped with a multiple-tree accumulating shearhead. The boom and felling head have been modified to enable the machine to cut up to 35-cm butt diameter "hard" hardwoods such as beech and yellow birch and up to 50-cm butt diameter poplar and softwoods. The double-armed accumulating head allows the machine to cut small trees down to 6-cm butt

diameter without serious loss of production, resulting in almost total fibre utilization. A load ranging from 5 to 10 cunits, depending on tree height, is forwarded to roadside and dumped alongside the chipper (Fig. 2). The "chipper" is a Model 22 Morbark Chiparvester equipped with a line heel-boom loader and three 75-inch (190 cm) three-knife discs with dirt separator set to produce 7/8 inch (2.2 cm) chips. The log bolts are placed under the top crush-roller, which together with two side rollers, the bed chain and the chipper itself, pull the tree through the machine (Fig. 3).

Conventional cutting consists of felling and limbing with chain saws, skidding tree-lengths to roadside, followed by slashing to 2.5 m pulpwood and sawlogs.

HARVESTING METHODS

The 8-ha block was divided into four separate 2-ha units on which the different harvesting trials were conducted. For ease of harvesting, a 2-chain wide buffer zone was left between the blocks (Fig. 4). This buffer strip was harvested first so that the wood cut from each block could more readily be kept separate.

The blocks were harvested in the following manner:

Block 1: Conventional logging, using chain saws and skidder, to normal standards (10 cm top) in the area.

Block 2: Koehring Feller–Forwarder, operating to normal standards in use in the area.

Block 3: Same as Block 2, but attempting to harvest everything possible with the KFF, and followed by a second operation to remove as much as possible of the residual material (standing and on ground) using a power saw and skidder.

Block 4: Same as Block 3.

RESULTS

Results are summarized in Tables 1 to 4.

While direct comparison of the amount of fibre harvested cannot be made between the blocks because of variability in stand density, the 100-tonne increase in yield from Block 2 as compared to Block 1 falls well within the range of 25-35% increase expected with whole tree harvesting and chipping as compared to conventional harvesting.

The clean-up operation on Block 3 resulted in an additional yield of 8.43 t of chips or 4.2 t/ha. This amounted to only 1.9% of the total harvest. On Block 4 the clean-up netted 22.92 t of chips or 11.46 t/ha, representing 5.6% of the total harvest. On Blocks 3 and 4 combined, the clean-up operation produced 3.7% of the total harvest.

The Morbark Chipper is equipped with a ground discharge spout. As the tree goes into the chipper most of the twigs, leaves, and loose bark are removed by aggressive paddles on the feed side of the chipper, and the chips are discharged onto the ground. The amount of material discharged was measured for one van load of chips.

The discharged material weighed 1,690 kg for one van load of 33,220 kg of chips or 4.8% of the total material fed into the Morbark Chipper. If this discharge percentage is applied to the total chip production for each of Blocks 2, 3, and 4, the amount of fibre which was discharged back into the woods would be estimated as:

Figure 2. Koehring Feller-Forwarder in operation.

Figure 3. Model 22 Morbark Chiparvester in operation.

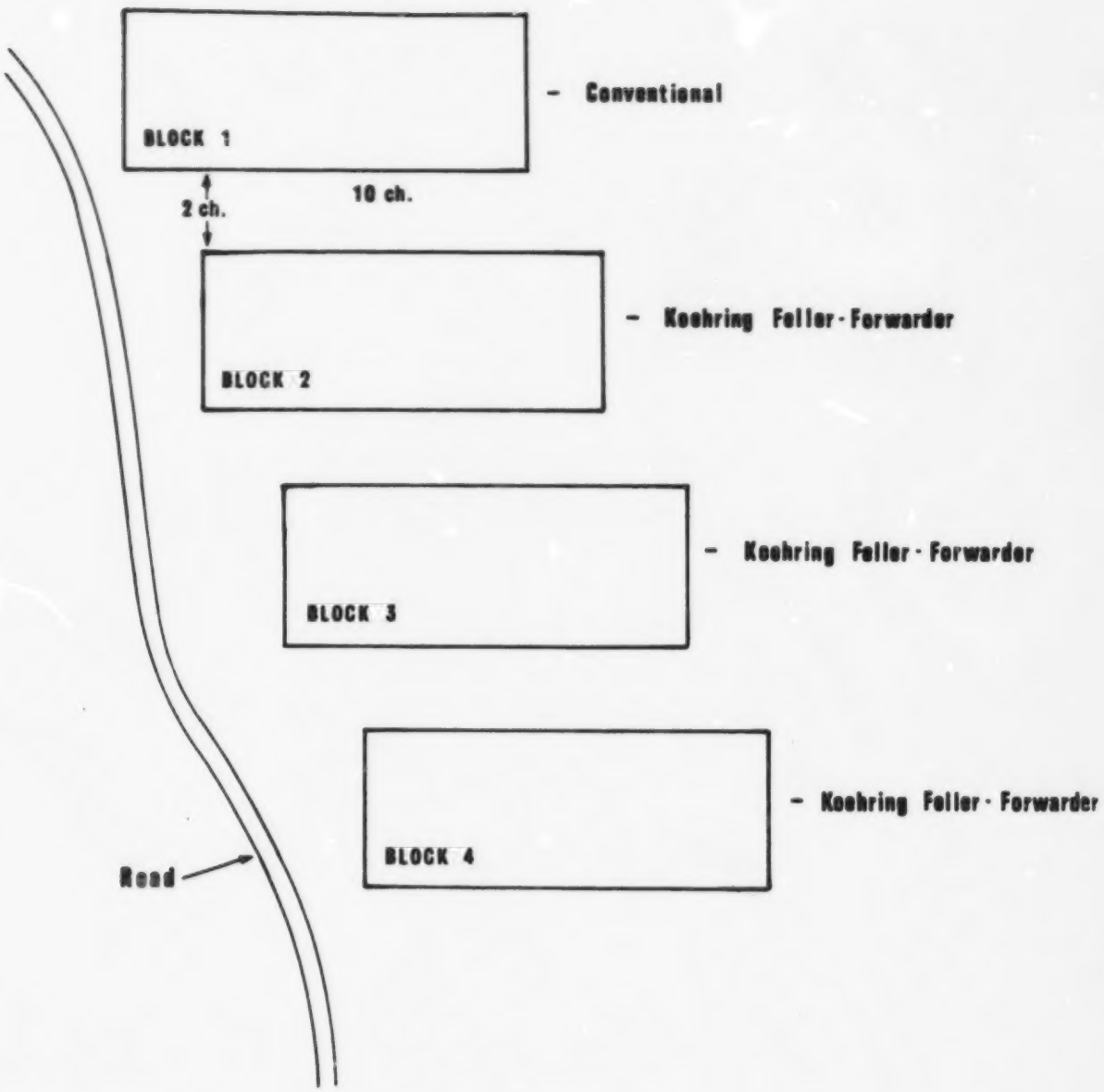


Figure 4. Map showing block locations and 2-chain buffer strips between blocks.

Block 2: 419.73 t x .048 = 20.14 t

Block 3: (424.7 + 8.43)t x .048 = 20.79 t

Block 4: (367.76 + 22.92)t x .048 = 18.75 t

In addition to this material, a small percentage of biomass in the form of leaves and broken branches remains around the chipper site. This is estimated at about 2% of the material forwarded to roadside by the KFF.

Samples were also taken during the course of the test to determine the moisture content of chips and discharge fibre. The average moisture content (dry weight basis) of chips was 93.6% and of the discharge fibre, 78.2%.

DISCUSSION

This harvesting trial was set up so that the amount of fibre harvested by two "in-place" logging systems (cut and skid versus whole tree harvest and chipping) could be compared. In addition, a comparison was made of the amount of logging waste left by these two systems which could be harvested at reasonable cost.

The KFF - Chipper full-tree harvesting system leaves a relatively clean logging site compared to a conventional limb-and-top system. Few stems greater than 6 cm dbh remain after the KFF passes over the area. The cost of this full-tree harvest with the wood chips in vans at roadside averages $7.89 per tonne, as compared to roundwood roadside at $6.95 per tonne.

The second pass over the cut-over area by the "clean-up" operation using a chain saw and choker skidder removes any dropped trees or trees greater than or equal to 6 cm dbh (Fig. 5) not cut by the KFF. Because of the scattered nature of these trees and the relatively small volume

Figure 5. Block 3, after KFF cutting prior to residual clean-up.

per hectare, the cost of transporting these trees to roadside is substantially greater than by the KFF. (In this case, $9.91/tonne versus $4.10/tonne average for the three KFF harvested blocks). By itself, the cost per tonne of the clean-up is high, but if combined with the KFF harvesting cost, the resultant average total cost at roadside is still quite acceptable at $8.32 per tonne.

On Block 1, cut conventionally, all small bolts less than 3.6 m in length and with less than 10 cm top diameter were left along with limbs and tops of the merchantable trees. Unfortunately, the trial to harvest this residual material was not carried out. However, from past experience with a disc-type chipper such as the Morbark, it it known that the productivity of the chipper drops by about 60% when handling only small trees and tops. If this 60% drop in chipping productivity is applied to the average cost of chipping ($3.85/t), then chipping this residual material would cost $9.62/t. The extra chipping cost added to the labor and skidding cost, would make the cost of harvesting residual material from a convential operation $19.52 per tonne, at a very conservative estimate. In fact, the cost would probably be higher because of higher labor and skidding costs incurred while picking up tops and large limbs.

In conclusion, it is clear from this study that stands, particularly hardwood stands, that are now marginally operable by chain saw and skidder can be harvested for pulp fibre or feed stock for fuel by KFF or similar whole-tree harvesting techniques, at acceptable cost and with a significant increase in total fibre yield.

Table 1. Block 1, Conventional cut and skid; summary of production and costs

Item	Production (tonnes)	Cost incurred ($)	Unit cost ($/tonne)
Hardwood roundwood			
Labor	319.2	1,487.48	4.66[1]
Skidder		730.97	2.99[2]
Total		2,218.44	6.95

[1] Includes bonus of $0.34/t for greater than normal cutting and skidding distance.

[2] Includes bonus of $0.17/t.

Table 2. Block 2, Koehring Feller-Forwarder; summary of production and costs

Item	Production (tonnes)	Hourly rate ($)	Operating hours	Cost incurred ($)	Unit cost ($/tonne)
Hardwood chips					
KFF	419.73	65.00	21	1,365.00	3.25
Operator		7.95	27	214.00	0.51
Chipper		80.00	14	1,120.00	2.67
Operator & Helper		15.61	27	421.47	1.00
Total				~~1,541.47~~ 3120.47	7.43

Table 3. Block 3, Koehring Feller-Forwarder with residual clean-up; summary of production and costs

Item	Production (tonnes)	Hourly rate ($)	Operating hours	Cost incurred ($)	Unit cost ($/tonne)
Hardwood Chips					
KFF	424.7	65.00	24.5	1,592.00	3.75
Operator		7.95	27.0	214.65	0.51
Chipper		80.00	16	1,280.00	3.01
Operator & helper		15.61	27.0	421.47	0.99
Total				3,508.62	8.26
Clean-up					
Labor	8.43			51.42	6.10[1]
Skidder				32.12	3.81[1]
Chipping		95.61	0.35	33.72	4.00
Total				117.26	13.91

[1] Standard piece-work rate.

Table 4. Block 4, Koehring Feller-Forwarder with residual clean-up; summary of production and costs

Item	Production (tonnes)	Hourly rate ($)	Operating hours	Cost incurred ($)	Unit cost ($/tonne)
Hardwood chips					
KFF	367.76	65.00	21	1,365.00	3.71
Operator		7.95	27	214.65	0.58
Chipper		80.00	13.5	1,080.00	2.94
Operator & helper		15.61	18	280.98	0.76
				2,940.63	7.99
Hardwood roundwood					
Labor	2.27			10.58	4.66
Skidder				5.20	2.29
Total				15.78	6.95
Softwood roundwood					
Labor	14.52	6.81	18	122.58	8.44
Skidder		10.00	6	60.00	4.13
Total				182.58	12.57
Clean-up					
Labor	22.92			139.81	6.10
Skidder				87.33	3.81
Chipping		95.61	0.87	84.80	3.70
Total				~~321.94~~ 311.54	13.61